

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ,
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ТА ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

З ДИСЦИПЛІНИ

**ВОДОПРОВІДНІ
СИСТЕМИ І СПОРУДИ**

**СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Модуль 2

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів
підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)»,
6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти
спеціальності 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення»)*

Методичні вказівки для проведення практичних занять, лабораторних робіт, самостійної роботи та виконання курсового проекту з дисципліни «Водопровідні системи і споруди» («Споруди і обладнання водопостачання», Модуль 2) (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)», 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: С. С. Душкін, Т. О. Шевченко. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 86 с.

Укладачі: С. С. Душкін,
Т. О. Шевченко

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. О. Ткачов

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод,
протокол № 1 от 30.08.2010 р.

ЗМІСТ

	стор.
1. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	4
1.1. Водопостачання міста	4
1.1.1. Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста	5
1.1.2. Витрати води на комунальні потреби міста	6
1.1.3. Визначення витрати води для промислових підприємств	7
1.1.4. Витрата води на пожежегасіння	9
Приклади вирішення задач за розділом 1.1.....	10
Варіанти задач для рішення.....	16
1.2. Вільні напори у водопровідній мережі	18
Приклади вирішення задач за розділом 1.2.....	18
Варіанти задач для рішення.....	23
1.3. Основи розрахунку та схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж	25
Приклади вирішення задач за розділом 1.3.....	27
Варіанти задач для рішення.....	29
2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	30
Лабораторна робота №1 «Основні вимоги, які пред'являються до джерел водопостачання»	31
Лабораторна робота №2 «Визначення фізичних показників якості води»	35
Лабораторна робота №3 «Фільтри водозабірних свердловин»	39
3. КУРСОВИЙ ПРОЕКТ	46
3.1. Завдання до курсового проекту	46
3.2. Послідовність виконання проекту	47
3.3. Оформлення графічного матеріалу та пояснювальної записки	47
3.4. Визначення розрахункової витрати води окремими категоріями споживачів	48
3.4.1. Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста	48
3.4.2. Витрати води на комунальні потреби міста	49
3.4.3. Визначення витрати води для промислових підприємств	50
3.4.4. Витрата води на пожежегасіння	53
3.5. Трасування магістральних водопровідних мереж та складання розрахункових схем	54
3.6. Гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі	58
3.7. Побудова ліній п'єзометричного тиску	59
3.8. Деталювання основних вузлів водопровідної мережі	62
3.9. Побудова профілю водоводу	63
4. САМОСТІЙНА РОБОТА	65
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТОК 1	71
ДОДАТОК 2	73
ДОДАТОК 3	75
ДОДАТОК 4	75
ДОДАТОК 5	78
ДОДАТОК 6	81
ДОДАТОК 7	83
ДОДАТОК 8	84
ДОДАТОК 9	84
ДОДАТОК 10	85

1. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна «Водопровідні системи і споруди» являється однією з профільюючих дисциплін напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» та спеціальності 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення». Комплексний характер цієї дисципліни зумовлений наявністю у водопровідних системах різних споруд, що забезпечують добуток води з джерела, розподіл та подачу її споживачу.

Будівництво водопровідних мереж населених місць та промислових підприємств пов'язано з більшими витратами матеріалів та людських ресурсів, що складають в деяких випадках до 70-80% загальних витрат на весь комплекс систем водопостачання. Тому від розрахунку водопровідних мереж, кінцева ціль якого – визначення оптимальних діаметрів труб, в значній мірі залежить ефективність використання капітальних вкладень у будівництво водопроводу.

В методичних вказівках до практичних занять з дисципліни «Водопровідні системи і споруди» представлені задачі, в яких визначаються витрати води для різних категорій споживачів і вільні напори у водопровідній мережі.

При вирішенні задач, наведених у даних методичних вказівках, необхідно користуватися відповідними нормами проектування, довідковою літературою.

Задачі можуть бути використані при виконанні курсового та дипломного проектування, а також при виконанні розрахунково-графічних і контрольних робіт.

1.1. ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА

Нормою витрати води або нормою водоспоживання називається кількість води, що витрачається даним споживачем за певний проміжок часу, або кількість води, необхідна для виробництва одиниці будь-якої продукції, - питома норма водоспоживання.

Споживання води населенням, підприємствами та різними іншими споживачами відбувається нерівномірно як протягом року, так і протягом більш коротких відрізків часу - доби і годин.

Нерівномірність споживання води характеризується величиною так званого *коефіцієнта нерівномірності*. Нерівномірність споживання води протягом року враховується величиною коефіцієнта добової нерівномірності ($K_{доб}$), чисельно рівного відношенню

$$K_{доб} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{Q_{\text{ср.доб.}}}, \quad (1.1)$$

де: $Q_{\text{макс.доб.}}$ – максимальна добова витрата в році;
 $Q_{\text{ср.доб.}}$ – середня добова витрата за рік.

Нерівномірність споживання води протягом доби враховується величиною коефіцієнта нерівномірності ($K_{год}$), чисельно рівного відношенню

$$K_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{Q_{\text{ср.год.}}}, \quad (1.2)$$

де: $Q_{\text{макс.год.}}$ – максимальна годинна витрата, що спостерігається протягом доби;
 $Q_{\text{ср.год.}}$ – середня годинна витрата за добу.

Норми водоспоживання та коефіцієнти нерівномірності витрати води для різних категорій споживачів наведені в додатку 1.

Водопровідна мережа та всі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, яка подається місту і промисловим підприємствам протягом доби за умови можливого найбільшого споживання під потрібним напором.

Розрізняють такі характерні витрати води, що відповідають основним категоріям споживачів: на господарсько-питні потреби населення міста; на комунальні потреби міста; для промислових підприємств; на пожежегасіння.

1.1.1. Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

При визначенні витрати води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста

$$N = F \cdot P, \quad (1.3)$$

де: F - площа частини міста з тією чи іншою щільністю населення, га;

P - щільність населення, чол./га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення міста визначають за формулою

$$Q_{\text{ср.доб.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.4)$$

де: $q_{\text{ж}}$ - норма водоспоживання;

N - кількість населення в місті, чол.

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання

$$Q_{\text{макс.доб.}} = K_{\text{макс.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}, \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = K_{\text{мін.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}. \quad (1.6)$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміну водоспоживання за сезонами міста і дням тижня, необхідно приймати рівним

$$K_{\text{макс.доб.}} = 1,1 \div 1,3;$$

$$K_{\text{мін.доб.}} = 0,7 \div 0,9$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = K_{\text{макс.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \quad (1.7)$$

$$Q_{\text{мін.год.}} = K_{\text{мін.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{мін.доб.}}}{24}, \quad (1.8)$$

$$K_{\text{макс.год.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}}, \quad (1.9)$$

$$K_{\text{мін.год.}} = \alpha_{\text{мін.}} \cdot \beta_{\text{мін.}}, \quad (1.10)$$

де: α - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймається: $\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$; $\alpha_{\text{мін.}} = 0,4 \div 0,6$;

β - коефіцієнт, що враховує кількість жителів в населеному пункті, що приймається за [3] табл. 2 або за додатком 1, табл. 1.

Максимальний секундний витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.11)$$

1.1.2. Витрати води на комунальні потреби міста

а) Витрати води на полив вулиць та майданів

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.12)$$

де: F - площа вулиць та майданів, що будуть поливатися, м^2 ;

q - норма витрати води на полив, приймається в залежності від типу покриття та способу поливання [3] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливань, приймається в залежності від режиму поливання.

Середня годинна витрата

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.13)$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год.}} \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.14)$$

де $K_{\text{год.}}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності витрачання води на поливання; величину його можна приймати для великих міст - 2,0, для малих і середніх міст - 4,0.

Максимальна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.15)$$

б) Витрата води на полив зелених насаджень

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.16)$$

де: F_z - площа зелених насаджень, м^2 ;

q_z - норма витрати води на поливання, приймається за [3] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну і максимальну секундну витрати визначають за формулами (1.13), (1.14), (1.15), наведеними вище.

1.1.3. Визначення витрати води для промислових підприємств

Ця витрата складається з витрати води на господарсько-питні потреби, витрати води на душеві та витрати води на виробничі потреби.

а) *витрати води на господарсько-питні потреби промислового підприємства*

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств визначається з виразу

$$Q_{\text{макс.доб.}} = (q_z \cdot n'_z + q_x \cdot n'_x) + (q_z \cdot n''_z + q_x \cdot n''_x) + (q_z \cdot n'''_z + q_x \cdot n'''_x), \text{ л, (1.17)}$$

де: q_z і q_x - відповідно норми водоспоживання на одного робітника (л за зміну) у цехах зі значними тепловиділеннями (у гарячих цехах) і в інших цехах (холодних цехах), рівні: $q_z = 45$ л і $q_x = 25$ л;

n'_z , n''_z і n'''_z - кількість робітників в першій, другій та третій змінах, що працюють на підприємстві у гарячих цехах;

n'_x , n''_x і n'''_x - кількість робітників в першій, другій та третій змінах, що працюють на підприємстві у холодних цехах.

Підставляючи $q_z = 45$ л і $q_x = 25$ л у попередню рівність (1.17) та виразивши витрату в м^3 , отримаємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,045 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,025 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб. (1.18)}$$

Кількість робітників у кожній зміні і розподіл їх по гарячим і холодним цехами приймається за даними підприємств або на підставі наявних проектів цих підприємств. При відсутності тих чи інших даних, але відомій кількості робочих можна прийняти наступний розподіл працюючих позмінно:

I зміна - 40-45% всієї кількості працюючих;

II і III зміна - 30-35% усієї кількості працюючих.

Розподіл кількості працюючих в гарячих і холодних цехах приймають в залежності від характеру технологічного процесу підприємств.

Витрата води по окремих змінах визначається за формулами

$$\text{I зміна } Q'_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'_z + 0,025 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.19)$$

$$\text{II зміна } Q''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n''_z + 0,025 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.20)$$

$$\text{III зміна } Q'''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'''_z + 0,025 \cdot n'''_x), \text{ м}^3 \quad (1.21)$$

Норми витрати і коефіцієнти нерівномірності споживання води на господарсько-питні потреби промислових підприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому максимальну годинну витрату води слід обчислити для всіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін обчислюються за формулами

$$\text{I зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n'_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (1.22)$$

$$\text{II зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n''_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (1.23)$$

$$\text{III зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n'''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'''_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.24)$$

де: K_z і K_x - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах за [3] п. 2.4, $K_z=2,5$, $K_x=3$;

$t_{зм}$ - тривалість робочої зміни в годинах.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.25)$$

б) витрата води на душову на підприємстві

Витрата води на душ залежить від кількості робітників і службовців, які приймають душ в кожній зміні, і характеру виробництва [2].

Максимальна добова витрата води на душові

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [q'_z(n'_z + n''_z + n'''_z) + q'_x(n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.26)$$

де: n'_z , n''_z , n'''_z - кількість робітників, що працюють з підвищеним ступенем шкідливості або забруднення відповідно в гарячих цехах у першій, другій і третій змінах;

n'_x , n''_x , n'''_x - кількість робітників, які приймають душі в інших цехах відповідно в першій, другій і третій змінах;

q'_z і q'_x - норми витрат води на один душ відповідно в цехах з підвищеним ступенем шкідливості або забруднення та в інших цехах.

Відповідно нормам [2] $q'_z = 45$ л і $q'_x = 25$ л. Підставляючи ці величини у попередню рівність та виразивши витрату в м^3 , отримаємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,45 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,25 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (1.27)$$

Витрата води на душі для окремих змін визначається за формулами:

$$\text{I зміна } Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.28)$$

$$\text{II зміна } Q''_{зм} = (0,45 \cdot n''_z + 0,25 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.29)$$

$$\text{III зміна } Q'''_{зм} = (0,45 \cdot n'''_z + 0,25 \cdot n'''_x), \text{ м}^3. \quad (1.30)$$

Витрата води на прийом душу (з розрахунку $q_{\text{д.с.}} = 500$ л на добу, тривалість користування душем $t_{\text{д}} = 45$ хв.) після закінчення зміни розраховуємо за формулою

$$Q_{\text{душ.зм.}} = \frac{N_i \cdot q_{\text{д.с.}} \cdot t_{\text{д}}}{n_i \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.31)$$

де: N_i - кількість працюючих, що користуються душем в зміну, з і-ю санітарною характеристикою технологічного процесу;

n_i - розрахункова кількість людей на одну душову сітку в цехах з і-ю санітарною характеристикою технологічного процесу приймається за табл. 3 (додаток 1).

Максимальна годинна витрата води

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q'_{зм}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.32)$$

де: $Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_2 + 0,25 \cdot n'_x)$, м³ – витрата води на душові в I змiну;
0,45 и 0,25 - відповідно норми витрати на один душ в гарячих і холодних
цехах, м³.

Максимальна секундна витрата води на душові

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.33)$$

в) витрата води на виробничі потреби промпідприємства

Витрата води на виробничі потреби промпідприємств визначається за кількістю випущеної продукції і питомою витратою на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.доб.}} = P \cdot q_{\text{нит}}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.34)$$

де: P - добова продукція підприємства;

$q_{\text{нит}}$ - середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м³.

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби за окремими змінами споживання води приймається рівною протягом всього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.35)$$

де t - тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.36)$$

1.1.4. Витрата води на пожежегасіння

Розрахункова витрата на зовнішнє пожежегасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверховості будівлі і ступеня їх вогнестійкості, розмірів виробничих будівель, категорій виробництв та інших факторів. Нормами протипожежного проектування встановлюються величини необхідних секундних витрат для гасіння пожеж в населених місцях і на промислових підприємствах, а також кількість одночасних пожеж. Таким чином, максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж визначається як добуток розрахункової секундної витрати, необхідної для гасіння однієї пожежі, на число пожеж

$$Q_{\text{пож}}^c = (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с,} \quad (1.37)$$

де: $q_{\text{пож}}$ – розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі приймається для населених пунктів за табл. 5 [3], а для промислових підприємств – за табл. 7 [3], л/с;

$q'_{\text{пож}}$ – розрахункова витрата води на один струмінь для внутрішнього пожежегасіння приймається за табл. 1 [2], л/с;

n – число струменів приймається за табл. 1 [2].

Тривалість пожежі в населених місцях і на підприємствах нормами встановлена $t_n = 3$ год. Виходячи з цього, повна витрата води на гасіння пожежі може бути визначена за формулою

$$Q'_{\text{пож}} = m \cdot (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с}, \quad (1.38)$$

де m – розрахункова кількість одночасних пожеж приймається для населеного пункту в табл. 6 [3], а для промислового підприємства - залежно від займаної ним площі: одна пожежа при площі до 150 га, дві пожежі - понад 150 га.

$$Q^n_{\text{пож}} = 10,8 \cdot Q'_{\text{пож}}, \text{ м}^3. \quad (1.39)$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 години

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5 Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}, \text{ м}^3, \quad (1.40)$$

де: $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ - витрата води на пожежегасіння для населеного пункту, м^3 ;

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$ - витрата води, необхідна для гасіння пожежі на підприємстві, м^3 .

Витрата води на пожежегасіння за 1 годину

$$Q_{\text{год.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.41)$$

Секундна витрата води на пожежегасіння

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} \text{ л/с}. \quad (1.42)$$

ПРИКЛАДИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ЗА РОЗДІЛОМ 1.1

Приклад 1. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби жителів міста з щільністю населення $P = 160$ чол./га і площею житлової забудови - 1000 га. Будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням. Місто розташоване на північному сході України.

Рішення. Виходячи з природнокліматичних умов і ступеня благоустрою міста з табл. 1 (додаток 1), приймаємо норму господарсько-питного водоспоживання на одного жителя рівною 290 л/добу.

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити кількість населення міста за відношенням (1.3):

$$N = 1000 \cdot 160 = 160000 \text{ чол.}$$

Розрахункова (середня за рік) добова витрата води на господарсько-питні потреби населення міста в $\text{м}^3/\text{добу}$. У формулу (1.4) підставляємо числа і отримуємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{160000 \cdot 290}{1000} = 46400 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання визначаємо за формулами (1.5) і (1.6)

$$\begin{aligned} Q_{\text{макс.доб.}} &= 1,1 \cdot 46400 = 51040 \text{ м}^3/\text{добу}, \\ Q_{\text{мін.доб.}} &= 0,7 \cdot 46400 = 32480 \text{ м}^3/\text{добу}. \end{aligned}$$

Розрахункові годинні витрати води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з врахуванням формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,2 \cdot 1,05 \cdot \frac{51040}{24} = 1,26 \cdot \frac{51040}{24} = 2679,6, \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{32480}{24} = 0,34 \cdot \frac{32480}{24} = 460,13 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість жителів у місті, β приймаємо за табл. 4 [3].

Максимальну секундну витрату води розраховуємо за формулою (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{2679,6}{3,6} = 744,3 \text{ л/с.}$$

Приклад 2. Площа житлової забудови міста становить 500 га. Розрахункова щільність населення - 180 га. Витрата води на господарсько-питне водоспоживання - 250 л/чол. в добу середнього водоспоживання. Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $K_{\text{доб}} = 1,2$. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби жителів міста.

Рішення. При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити кількість населення міста по відношенню (1.3)

$$N = 180 \cdot 500 = 90000 \text{ чол.}$$

Розрахункова (середня за рік) добова витрата води на господарсько-питні потреби населення міста. У формулу (1.4) підставляємо числа і отримуємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{90000 \cdot 250}{1000} = 22500 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання знаходимо за формулами (1.5) и (1.6)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = 1,2 \cdot 22500 = 27000 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = 0,8 \cdot 22500 = 18000 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Розрахункові годинні витрати води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з врахуванням формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{27000}{24} = 1,43 \cdot \frac{27000}{24} = 1608,75, \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{18000}{24} = 0,35 \cdot \frac{18000}{24} = 262,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість мешканців в місті, β приймаємо за табл. 4 [3] або табл. 1, додаток 1.

Максимальна секундна витрата води розраховується за формулою (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{1608,75}{3,6} = 446,88 \text{ л/с.}$$

Приклад 3. Визначити добову витрату води на поливання покриттів і зелених насаджень міста при площі покриттів $F_n = 800000 \text{ м}^2$ і площі зелених насаджень $F_z = 904358 \text{ м}^2$. Число поливань на добу n прийняти рівним двом.

Рішення. Добова витрата води на поливання покриттів і насаджень міста

$$Q_n = \frac{F_n \cdot q_n \cdot n}{1000} + \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000} = \frac{800000 \cdot 0,4 \cdot 2}{1000} + \frac{904358 \cdot 4 \cdot 2}{1000} = 7874,9 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Норма витрати води на поливання q_n і q_z в л/м² приймається в залежності від типу покриття території, способу її поливання, виду насаджень, кліматичних та інших місцевих умов з табл. 6 [3].

Приклад 4. Визначити добову витрату води на поливання покриттів і зелених насаджень міста з населенням $N = 160000$ жителів, прийнявши поливальну витрату води в перерахунку на одного жителя рівною 50 л/добу.

Рішення. Добова витрата води на поливання покриттів і насаджень міста

$$Q_{n.доб} = q \cdot N = 50 \cdot 160000 = 8000000 \text{ л/добу} = 8000 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приклад 5. Визначити місткість лазні і витрату води в ній для міста з населенням $N = 160000$ жителів, прийнявши норму водоспоживання згідно з додатком 3 [2] рівною $q_{\bar{o}} = 180$ л/добу.

Рішення. Кількість місць в лазні $n_{\bar{o}}$ визначається з розрахунку 7 місць на 1000 мешканців (з урахуванням перспективи підвищення ступеня благоустрою воно може бути знижено до 5). У містах і селищах, забезпечених упорядкованим житловим фондом, норми місткості бань слід зменшувати до 3 місць на 1000 чоловік, тоді місткість лазні

$$n_{\bar{o}} = \frac{3 \cdot N}{1000} = \frac{3 \cdot 160000}{1000} = 480 \text{ місць}.$$

Місткість бань може бути прийнята рівною 50, 100, 200 і 300 місць. Приймавши дві бані місткістю місць $n_{\bar{o}1} = 200$ та $n_{\bar{o}2} = 300$ місць, визначимо їх добове водоспоживання

$$Q_{\bar{o}.доб.} = \frac{(n_{\bar{o}1} + n_{\bar{o}2}) \cdot q_{\bar{o}} \cdot t_{\bar{o}}}{1000} = \frac{(200 + 300) \cdot 180 \cdot 16}{1000} = 1440 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Тривалість роботи лазні приймається звичайно рівною $t_{\bar{o}} = 16$ год. (з 7.00 до 23.00 год.).

Годинна витрата води у лазні

$$q_{\bar{o}.год.} = \frac{Q_{\bar{o}.доб.} \cdot K_{\bar{o}}}{t_{\bar{o}}} = \frac{1440 \cdot 1}{16} = 90 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання в лазні приймається рівним $K_{\bar{o}} = 1$.

Приклад 6. Визначити загальну кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну, і витрату води в пральні, прийнявши норму витрати води на 1 кг сухої білизни рівною $q_{np} = 75$ л (табл. 2 [2]).

Рішення. Кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну ($t_{зм} = 8$ год.) від 1000 жителів, приймається рівним $q_{np} = 100$ кг. Загальна кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну

$$G_{np} = \frac{q_{np} \cdot N}{1000} = \frac{100 \cdot 160000}{1000} = 16000 \text{ кг}.$$

Відповідно до [2] пральні слід проектувати продуктивністю 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 75000, 10000 кг і більше білизни за зміну. Зазвичай робота в пральні проводиться в дві зміни $n_{см} = 2$ (з 7 до 23 год.).

Приймаються продуктивність пральні 17500 кг білизни за зміну, тоді добове водоспоживання пральні складе

$$Q_{пр.доб.} = \frac{G_{пр.} \cdot n_{зм.} \cdot q_{пр.}}{1000} = \frac{17500 \cdot 2 \cdot 75}{1000} = 2625 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Годинна витрата води у пральні

$$q_{пр.} = \frac{Q_{пр.доб.} \cdot K_{пр.}}{n_{см.} \cdot t_{зм.}} = \frac{2625 \cdot 1}{2 \cdot 8} = 164,06 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання в пральні $K_{пр} = 1$.

Приклад 7. Визначити кількість ліжок і витрату води в лікарні, прийнявши норму водоспоживання, віднесеної до одного ліжка і рівною $q_{лік.} = 250$ л/добу.

Рішення. Кількість ліжок у лікарні визначається з розрахунку 12 ліжок на 1000 жителів

$$n_{лік.} = \frac{12 \cdot N}{1000} = \frac{12 \cdot 160000}{1000} = 1920 \text{ ліжок}.$$

Приймаємо кількість ліжок в лікарні рівною 2000, визначаємо добове водоспоживання лікарні

$$Q_{лік.доб.} = \frac{q_{лік.} \cdot n_{лік.}}{1000} = \frac{250 \cdot 2000}{1000} = 500 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приклад 8. Визначити кількість місць в готелі і добове водоспоживання готелю, прийнявши норму добового водоспоживання на одного постояльця $q_2 = 300$ л (табл. 2 [2]).

Рішення. Кількість місць у готелі визначається з розрахунку 6 місць на 1000 мешканців

$$n_2 = \frac{6 \cdot N}{1000} = \frac{6 \cdot 160000}{1000} = 960 \text{ місць}.$$

Добове водоспоживання готелю дорівнює

$$Q_{г.доб.} = \frac{q_2 \cdot n_2}{1000} = \frac{300 \cdot 960}{1000} = 288 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приклад 9. Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робітників на промисловому підприємстві. Кількість робітників на підприємстві становить 6680 чоловік. У гарячих цехах працюють 880 осіб, з них: на I зміні - 350; на II - 280, на III - 250. У холодних цехах працюють 5800 осіб, з них: на I зміні - 2150; на II - 1960, на III - 1750.

Рішення. Виходячи з норм витрат води на господарсько-питні потреби на промислових підприємствах (табл. 7 [3]), визначаємо змінні витрати води окремо в цехах з тепловиділенням понад 20 ккал. на 1 м³ (гарячі цехи) $Q_{г.ц.}^{зм}$ і в інших цехах (холодні цехи) $Q_{х.ц.}^{зм}$.

$$Q_{\text{г.ц.}}^{\text{Iзм}} = 0,001 \cdot 45 \cdot 350 = 15,75 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{г.ц.}}^{\text{IIзм}} = 0,001 \cdot 45 \cdot 280 = 12,60 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{г.ц.}}^{\text{IIIзм}} = 0,001 \cdot 45 \cdot 250 = 11,25 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$\sum Q_{\text{г.ц.}} = 39,60 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

$$Q_{\text{х.ц.}}^{\text{Iзм}} = 0,001 \cdot 25 \cdot 2150 = 53,75 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{х.ц.}}^{\text{IIзм}} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1900 = 47,50 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{х.ц.}}^{\text{IIIзм}} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1750 = 43,75 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$\sum Q_{\text{х.ц.}} = 145 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приклад 10. Користуючись вихідними даними попереднього прикладу, визначити витрату води на потреби душових, маючи на увазі, що виробничий процес в гарячих цехах викликає забруднення одягу та рук, а в холодних цехах не викликає такого забруднення. У гарячих цехах душем користуються 70% робітників, а в холодних - 20%.

Рішення. У гарячих цехах користуються душем по змінах

I зміна - $350 \cdot 0,7 = 245$ чол.;

II зміна - $280 \cdot 0,7 = 196$ чол.;

III зміна - $250 \cdot 0,7 = 175$ чол.

У холодних цехах користуються душем по змінах

I зміна - $2160 \cdot 0,2 = 430$ чол.;

II зміна - $1900 \cdot 0,2 = 380$ чол.;

III зміна - $1750 \cdot 0,2 = 350$ чол.

Виходячи з норми витрати води на одну душову сітку $q_{\text{д.с.}} = 500 \text{ л/год.}$ і тривалості користування душем $t_{\text{д}} = 45$ хв. після закінчення зміни, змінна витрата води на підприємстві для душових в м^3 може бути визначена з виразу

$$Q_{\text{душ.}}^{\text{зм}} = \frac{0,001 \cdot q_{\text{д.с.}} \cdot t_{\text{д}} \cdot N_i}{n_i},$$

де: N_i - кількість робітників, що користуються душем в зміну, з i -ю санітарною характеристикою технологічного процесу;

n_i - розрахункова кількість чоловік на одну душову сітку в цехах з i -ю санітарною характеристикою технологічного процесу (табл. 8 [3]).

В цехах, що викликають забруднення одягу і рук,

$$Q_{\text{душ.}}^{\text{Iзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 245}{7} = 13,13 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ.}}^{\text{IIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 196}{7} = 10,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ.}}^{\text{IIIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 175}{7} = 9,38 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

$$\sum Q_{\text{душ.}} = 33,01 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

В цехах, що не викликають забруднення одягу і рук,

$$Q_{\text{душ}}^{\text{Ізм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 430}{15} = 10,75 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{ІІзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 380}{15} = 9,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{ІІІзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 350}{15} = 8,75 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

$$\sum Q_{\text{душ}} = 29,00 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Приклад 11. Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих цілей для тракторного заводу, добова продукція якого складає 100 тракторів, робота в 3 зміни, питома витрата води для виробництва одного трактора 45 м³.

Рішення. Максимальну добову витрату підприємства на виробничі потреби визначаємо за формулою (1.34).

Так як середня питома витрата води для виробництва одного трактора 45 м³, отже, добова витрата буде

$$Q_{\text{макс.добу}} = 100 \cdot 45 = 4500 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приймаючи витрату води на виробничі потреби рівномірною протягом доби, максимальна годинна витрата визначається за формулою (1.35) і дорівнює

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{4500}{24} = 187,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна секундна витрата

$$Q_{\text{макс.сек}} = \frac{187,5}{3,6} = 52,1 \text{ л/сек}.$$

Приклад 12. Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві, що мають загальний протипожежний водогін, при наступних вихідних даних:

1. Чисельність населення міста - 160 000 чоловік;
2. Поверховість будівель - 5;
3. Площа території промислового підприємства - 60 га;
4. Обсяг найбільшого будинку (цеху) підприємства - 60 тис.м³;
5. Категорія виробництва по пожежній небезпеці - Б;
6. Ступінь вогнестійкості будівель - II.

Рішення. Розрахункову витрату води для гасіння пожеж в населеному пункті і на промисловому підприємстві можна визначити за формулою (1.37).

Розрахункова витрата води на гасіння пожежі в населеному пункті

$$Q_{\text{пож}}^2 = 3 \cdot (40 + 2 \cdot 2,5) = 135 \text{ л/с}.$$

Розрахункова витрата води на гасіння пожежі на промисловому підприємстві складе

$$Q_{\text{пож}}^{\text{н.пр.}} = 1 \cdot (30 + 2 \cdot 2,5) = 35 \text{ л/с}.$$

Розрахункову витрату води для об'єднаного водопроводу, обслуговуючого населений пункт і промислові підприємства, слід визначати як

суму потрібної більшої витрати (на підприємстві або в населеному пункті) плюс 60% потрібної меншої витрати (на підприємстві або в населеному пункті). Тоді розрахункова витрата води для гасіння пожежі складе

$$Q_{\text{пож}} = 135 + 35 \cdot 0,5 = 152,5 \text{ л/с.}$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РІШЕННЯ

Задача 1

Визначити максимальну добову витрату води (середню за рік) для житлового мікрорайону міста, а також в добу найбільшого і найменшого водоспоживання.

При складанні завдання допущена умовність - ступінь благоустрою будівель не ув'язаний з заданою поверховістю будівель.

Вихідні дані для виконання завдання наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа житлової забудови мікрорайону F , га	180	160	130	200	150
Ступінь благоустрою житлових будівель (за табл. 2)	5	1	4	3	2
Щільність населення P , чол./га	400	330	380	450	440
Число поверхів житлової забудови	8	5	8	12	12

Таблиця 2

№	Ступінь благоустрою житлових будівель
1	Житлові дома квартирного типу з водопроводом, каналізацією та газопостачанням
2	Те ж, з ваннами і газовими водонагрівачами
3	Те ж, з швидко діючими газовими водонагрівачами з багатоточечним водорозбором
4	Те ж, з централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками, душами
5	Те ж, з сидячими ваннами, що обладнані душами

Задача 2

Визначити витрату води на комунальні потреби міста

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа вулиць і майданів, F_n , м ²	1500	3500	6000	5320	7485
Площа зелених насаджень, F_z , м ²	5000	10500	20000	50500	95000
Норма витрати води для поливки q_n , л/м ² на 1 м ²	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4
Норма витрати води для поливки q_z , л/м ² на 1 м ²	3,5	3	4	5	6
Число поливок (мийок) на добу, n	2	1	2	1	2

Задача 3

Завдання	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Визначити кількість та добову витрату	місць	ліжок	місць	ліжок	білизни
Вихідні дані					
Число мешканців, чол.	100000	300000	140000	200000	50000
Норма водоспоживання на 1 одиницю, л	250	115	360	200	40
Тривалість роботи підприємства 1 зміни, год.	16	-	-	-	8
Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання	1	1	1	1	1

Задача 4

Визначити витрату води на господарсько-питні потреби працівників на промисловому підприємстві.

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість працівників на підприємстві, чол.	1000	6000	2000	5340	7800
В гарячих цехах працюють, з них:	600	1500	1280	3500	4900
на I зміні, чол.	480	500	640	2400	2690
на II зміні, чол.	120	500	360	800	1310
на III зміні, чол.	-	500	280	300	900
В холодних цехах працюють, з них:	400	4500	720	1840	2900
на I зміні, чол.	300	2800	450	1000	1680
на II зміні, чол.	100	1000	150	600	880
на III зміні, чол.	-	700	120	240	340

Задача 5

Визначити витрату води на потреби душових.

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість робітників на підприємстві, чол.	2000	5000	1500	7200	5580
В гарячих цехах працюють, %	15	40	80	60	70
В холодних цехах працюють, %	10	25	70	40	20
Група виробничих процесів і санітарні характеристики виробничих процесів (див. додаток 1, табл. 3)	I, а	I, б	II, г	II, в	I, а

Задача 6

Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих цілей для:

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Підприємство	Взуттєва фабрика	Автозавод	Молокозавод	Ковбасне виробництво	Броварня
Продукція	взуття	машина	молоко	ковбаса	пиво
Добова продукція підприємства	5000 пар	240 шт.	30 т.	8 т.	25 т.
Середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, $q_{\text{пит}}, \text{м}^3$	30	45	20	15	15

Задача 7

Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві, що мають загальний протипожежний водогін, при наступних вихідних даних:

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Чисельність населення міста, тис. чол.	110	230	560	470	24
Поверховість будівель	5	9	12	5	3
Площа території промислового підприємства, га	70	100	200	250	160
Об'єм найбільшої будівлі (цеху) підприємства, тис. м^3	70	100	200	250	60
Категорія виробництва за пожежною небезпекою	Б	А	В	Г	В
Ступінь вогнестійкості будівель	I	II	I	II	II

1.2. ВІЛЬНІ НАПОРИ У ВОДОПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ

В будь-якій точці зовнішньої водопровідної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити з зовнішньої по внутрішній водопровідній мережі до самого верхнього і найбільш віддаленого водозабірного приладу.

Необхідний вільний мінімальний напір ($H_{\text{вільн.}}$) у водопровідній мережі в точці приєднання введення в будівлю визначається як сума геометричної висоти підйому води (H_r), запасу напору для нормальної роботи водорозбірних приладів (H_{iz}) і втрат напору по довжині трубопроводу від введення до найбільш віддаленого водорозбірного приладу ($h_{\text{довж.}}$):

$$H_{\text{вільн.}} = H_r + H_{iz} + h_{\text{довж.}}, \quad (1.43)$$

При одноповерховій забудові необхідний вільний мінімальний напір становить не менше 10 метрів. При багатоповерховій - на перший поверх приймається 10 метрів, а на кожний наступний на годину максимального водоспоживання - по 4 метри, в інші години - по 3,5 метра.

$$H_{\text{вільн.}} = 10 + h_1 \cdot (n - 1), \quad (1.44)$$

де: h_1 – приймається напір на один поверх, м;

n – кількість поверхів будівлі.

Під п'єзометричною відміткою у вузлі водопровідної мережі мається на увазі сума позначки землі і вільного напору в цьому вузлі.

$$P_i = H_{\text{вільн.}}^i + Z_i, \quad (1.45)$$

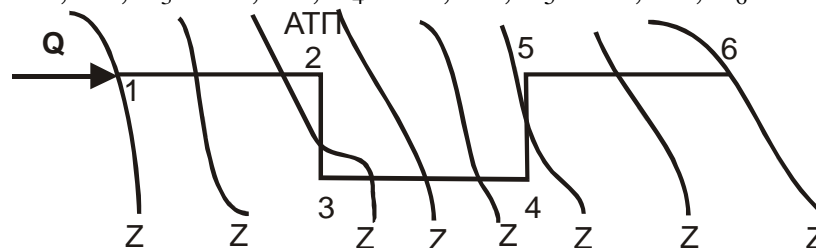
де: P_i - п'єзометрична відмітка, м;

$H_{\text{вільн.}}^i$ - вільний напір в i -й точці, м;

Z_i - відмітка землі в i -й точці, м.

ПРИКЛАДИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ПО РОЗДІЛУ 1.2

Приклад 1. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні позначки вузлових точок тупикової мережі. Поверховість - 5 поверхів. $h_{1-2} = 0,8$ м, $h_{2-3} = 1,2$ м, $h_{3-4} = 1,1$ м, $h_{4-5} = 0,9$ м, $h_{5-6} = 0,7$ м. Відмітки поверхні землі в вузлових точках рівні: $Z_1 = 94$ м, $Z_2 = 96,2$ м, $Z_3 = 95,8$ м, $Z_4 = 98,4$ м, $Z_5 = 99,2$ м, $Z_6 = 101$ м.



Рішення:

1. Визначаємо вільний напір в точці 6.

$$H_{\text{вільн.}}^6 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 6.

$$P^6 = 26 + 101 = 127 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 5.

$$П^5 = 127 + 0,7 = 127,7 \text{ м.}$$

4. Визначаємо вільний напір в точці 5.

$$H_{\text{вільн.}}^5 = 127,7 - 99,2 = 28,5 \text{ м.}$$

5. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 4.

$$П^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6 \text{ м.}$$

6. Визначаємо вільний напір в точці 4.

$$H_{\text{вільн.}}^4 = 128,6 - 98,4 = 30,2 \text{ м.}$$

7. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 3.

$$П^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7 \text{ м.}$$

8. Визначаємо вільний напір в точці 3.

$$H_{\text{вільн.}}^3 = 129,7 - 95,8 = 33,9 \text{ м.}$$

9. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 2.

$$П^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9 \text{ м.}$$

10. Визначаємо вільний напір в точці 2.

$$H_{\text{вільн.}}^2 = 130,9 - 96,2 = 34,7 \text{ м.}$$

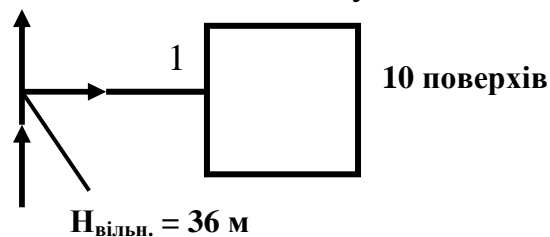
11. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$П^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7 \text{ м.}$$

12. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 131,7 - 94 = 37,7 \text{ м.}$$

Приклад 2. Чи можливе підключення будівлі до водопровідної мережі?

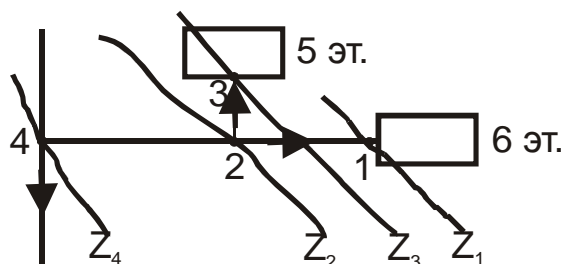


Рішення: 1. Визначаємо вільний напір в т. 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 10 + 4 \cdot (10 - 1) = 46 \text{ м.}$$

Підключення будівлі до водопровідної мережі не можливе через те, що напір при вході в будівлю 46 м, а вільний у мережі – 36 м.

Приклад 3. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках 1, 2, 3, 4. $h_{1-2}=1,1$ м; $h_{2-3}=0,6$ м; $h_{2-4}=0,8$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=90$ м, $Z_2=80$ м, $Z_3=85$ м, $Z_4=75$ м.



Рішення: 1. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

2. Визначаємо вільний напір в точці 3.

$$H_{\text{вільн.}}^3 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 3.

$$\Pi^3 = 26 + 85 = 111 \text{ м.}$$

4. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 30 + 90 = 120 \text{ м.}$$

5. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 2.

$$\Pi^2 = 120 + 1,1 = 121,1 \text{ м.}$$

6. Визначаємо вільний напір в точці 2.

$$H_{\text{вільн.}}^2 = 121,1 - 80 = 41,1 \text{ м.}$$

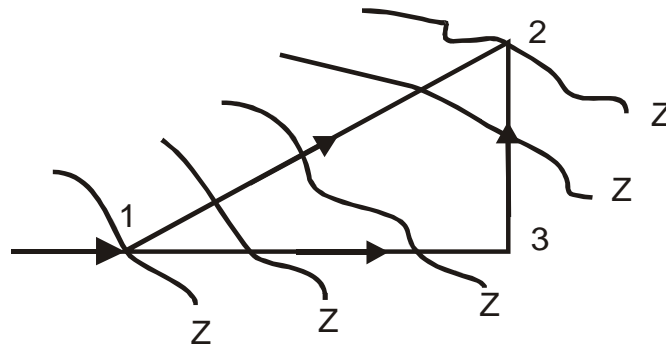
7. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 4.

$$\Pi^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9 \text{ м.}$$

8. Визначаємо вільний напір в точці 4.

$$H_{\text{вільн.}}^4 = 121,9 - 75 = 46,9 \text{ м.}$$

Приклад 4. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Поверховість – 5 поверхів. $h_{1-2}=0,8$ м, $h_{2-3}=0,6$ м, $h_{3-1}=1,4$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=41$ м, $Z_2=45$ м, $Z_3=43,4$ м.



Рішення: 1. Визначаємо вільний напір найвіддаленішій точці - точці 2.

$$H_{\text{вільн.}}^2 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 2.

$$\Pi^2 = 45 + 26 = 71 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 3.

$$\Pi^3 = 71 + 0,6 = 71,6 \text{ м.}$$

4. Визначаємо вільний напір в точці 3.

$$H_{\text{вільн.}}^3 = 71,6 - 43,4 = 28,2 \text{ м.}$$

5. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4 \text{ м.}$$

6. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

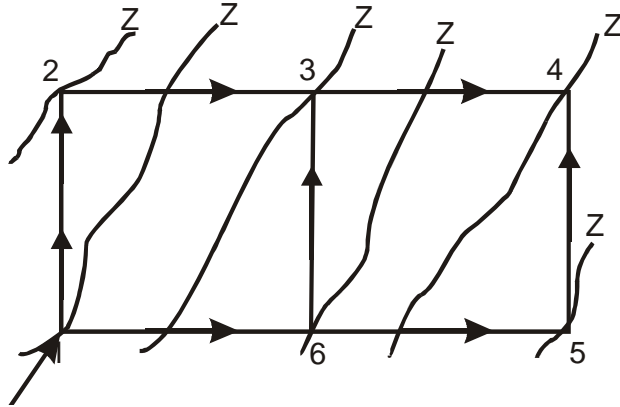
7. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 71 + 1,4 = 72,4 \text{ м.}$$

8. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

Приклад 5. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Поверховість – 8 поверхів. $h_{1-2}=1,5$ м, $h_{2-3}=0,5$ м, $h_{3-4}=1,2$ м, $h_{4-5}=1,3$ м, $h_{5-6}=2,0$ м, $h_{6-1}=0,6$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=144,6$ м, $Z_2=144$ м, $Z_3=146$ м, $Z_4=148$ м, $Z_5=149$ м, $Z_6=147$ м.



Рішення: 1. Визначаємо вільний напір в точці 4.

$$H_{\text{вільн.}}^4 = 10 + 4 \cdot (8 - 1) = 38 \text{ м.}$$

2. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 4.

$$\Pi^4 = 38 + 148 = 186 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 3.

$$\Pi^3 = 186 + 1,2 = 187,2 \text{ м.}$$

4. Визначаємо вільний напір в точці 3.

$$H_{\text{вільн.}}^3 = 187,2 - 146 = 41,2 \text{ м.}$$

5. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 2.

$$\Pi^2 = 187,2 + 0,5 = 187,7 \text{ м.}$$

6. Визначаємо вільний напір в точці 2.

$$H_{\text{вільн.}}^2 = 187,7 - 144 = 43,7 \text{ м.}$$

7. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 187,7 + 1,5 = 189,2 \text{ м.}$$

8. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

9. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 5.

$$\Pi^5 = 186 + 2,0 = 188 \text{ м.}$$

10. Визначаємо вільний напір в точці 5.

$$H_{\text{вільн.}}^5 = 188 - 149 = 39 \text{ м.}$$

11. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 6.

$$\Pi^6 = 188 + 0,6 = 188,6 \text{ м.}$$

12. Визначаємо вільний напір в точці 6.

$$H_{\text{вільн.}}^6 = 188,6 - 147 = 41,6 \text{ м.}$$

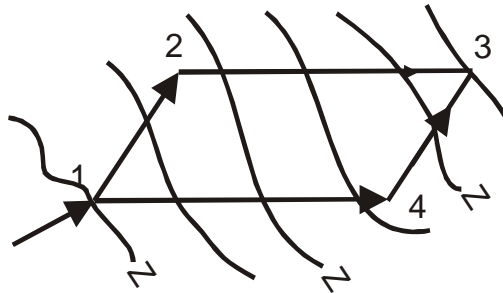
13. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 188,6 + 0,6 = 189,2 \text{ м.}$$

14. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

Пример 6. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ та п'єзометричні відмітки. Поверховість – 6 поверхів. $h_{1-2}=1,8$ м; $h_{2-3}=1,4$ м; $h_{3-4}=0,5$ м; $h_{4-1}=3,6$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=194$ м, $Z_2=195,5$ м, $Z_3=199$ м, $Z_4=197,2$ м.



Рішення: 1. Визначаємо вільний напір в точці 3.

$$H_{\text{вільн.}}^3 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

2. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 3.

$$\Pi^3 = 30 + 199 = 229 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 2.

$$\Pi^2 = 229 + 2,3 = 231,3 \text{ м.}$$

5. Визначаємо вільний напір в точці 2.

$$H_{\text{вільн.}}^2 = 231,3 - 195,5 = 35,8 \text{ м.}$$

6. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 231,3 + 1,8 = 233,1 \text{ м.}$$

7. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

8. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 4.

$$\Pi^4 = 229 + 0,5 = 229,5 \text{ м.}$$

9. Визначаємо вільний напір в точці 4.

$$H_{\text{вільн.}}^4 = 229,5 - 197,2 = 32,1 \text{ м.}$$

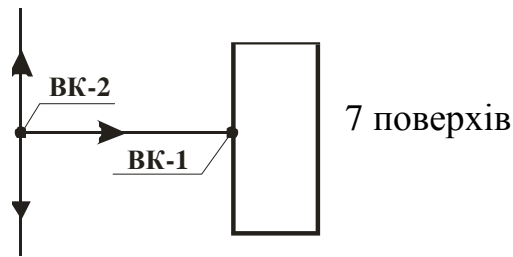
10. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці 1.

$$\Pi^1 = 229,5 + 3,6 = 233,1 \text{ м.}$$

11. Визначаємо вільний напір в точці 1.

$$H_{\text{вільн.}}^1 = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

Приклад 7. Визначити п'єзометричні відмітки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 та вільні напори, якщо $Z_1=85,0$ м, $Z_2=84,5$ м, $h_{1-2}=1,9$ м.



Рішення: 1. Визначаємо вільний напір в точці ВК-1.

$$H_{\text{вільн.}}^{BK-1} = 10 + 4 \cdot (7 - 1) = 34 \text{ м.}$$

2. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці ВК-1.

$$\Pi^{BK-1} = 34 + 85 = 119 \text{ м.}$$

3. Визначаємо п'єзометричну відмітку в точці ВК-2.

$$\Pi^{BK-2} = 119 + 1,9 = 120,9 \text{ м.}$$

4. Визначаємо вільний напір в точці ВК-2.

$$H_{\text{вільн.}}^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4 \text{ м.}$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РІШЕННЯ

Задача 1. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні позначки вузлових точок тупикової мережі. Вихідні дані для виконання завдання наведені в таблиці. Рисунок (див. приклад 1).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	12	14	16	9	12
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	0,7	1,0	1,3	0,5	1,1
h_{2-3}	1,0	1,4	1,7	0,7	1,5
h_{3-4}	1,3	1,3	1,5	0,9	1,4
h_{4-5}	0,6	1,1	1,4	1,0	1,2
h_{5-6}	1,1	0,9	1,2	0,6	0,9
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	75	52	100	224	137
Z_2	77,5	54,5	102,6	226,4	139,4
Z_3	76,7	53,9	101,8	225,6	138,9
Z_4	79,8	56,8	104,9	228,8	141,8
Z_5	80,2	57,1	105,3	229,1	142,0
Z_6	84	59	107	231	144

Задача 2. Чи можливе підключення будівлі до водопровідної мережі? Рисунок до задачі (див. приклад 2).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	12	14	16	9	12
Вільний напір в точці підключення.	38	46	34	27	34

Задача 3. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках 1, 2, 3, 4. Вихідні дані для рішення задачі наведені в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 3).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови в т. 3.	7	6	8	9	12
Поверховість забудови в т. 1.	9	10	11	14	15
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	1,5	0,8	1,3	0,9	1,6
h_{2-3}	1,0	0,3	0,8	1,7	1,2
h_{3-4}	1,2	0,5	1,4	1,9	1,3
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	70	40	45	20	100
Z_2	75	41	50	25	105
Z_3	80	42	55	30	110
Z_4	85	43	60	35	115

Задача 4. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Вихідні дані для рішення задачі наведені в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 4).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	16	12	14	10	8
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	0,7	1,0	1,2	0,5	1,1
h_{2-3}	0,5	0,8	1,0	0,3	0,9
h_{3-1}	0,6	0,9	1,1	0,4	1,0
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	78	60	95	214	147
Z_2	82	64	115	225,6	151
Z_3	80,3	62,2	105,4	218	149,5

Задача 5. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Вихідні дані для рішення задачі наведені в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 5).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Поверховість забудови	9	10	12	13	15
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	1,7	1,9	1,3	1,1	1,8
h_{2-3}	0,7	0,9	0,2	0,1	0,8
h_{3-4}	1,4	1,6	1,0	0,8	1,5
h_{4-5}	1,5	1,7	1,1	0,9	1,6
h_{5-6}	2,2	2,4	1,8	1,6	2,3
h_{6-1}	0,8	1,0	0,4	0,2	0,9
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	42	105	69	53	20
Z_2	41	100	68	52	15
Z_3	43	110	70	54	25
Z_4	45	120	72	56	35
Z_5	46	125	73	57	40
Z_6	44	115	71	55	30

Задача 6. Визначити $H_{\text{вільн.}}$ і п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Вихідні дані для рішення задачі наведені в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 6).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	5	12	15	16	10
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	2,0	2,2	1,5	1,1	2,8
h_{2-3}	1,6	1,8	1,1	0,7	2,4
h_{3-4}	2,7	2,9	2,2	1,8	4,5
h_{4-1}	1,8	2,0	1,3	0,9	3,6
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	145	805	29	63	120
Z_2	146,5	85,6	30,7	64,4	125,5
Z_3	148,1	95,2	32,3	66,1	135,2
Z_4	150	105	34	68	145

Задача 7. Визначити п'єзометричні відмітки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 і вільні напори. Вихідні дані для рішення задачі наведені в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 7).

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	6	10	9	8	11
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	2,0	2,1	2,5	1,4	2,3
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
$Z_{\text{ВК-1}}$	154	80	19	63	124
$Z_{\text{ВК-2}}$	156	85	19,7	65,4	125,5

1.3. ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТА СХЕМИ ТРАСУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Для визначення діаметрів труб і втрат напору на всіх ділянках мережі при пропуску розрахункових витрат води виконують гідравлічні розрахунки водоводів і водопровідної мережі. Втрати напору потрібні для визначення висоти водонапірної башти і напору насосів. Гідравлічний розрахунок виконують лише для магістральних ліній і водоводів. Залежно від схеми живлення мережу розраховують на такі характерні випадки: максимальне водоспоживання; максимальне водоспоживання і пропуск додаткових протипожежних витрат; транзит у напірний бак. Розрахунок на перші два випадки потрібний для всіх схем мережі, а на третій - для схеми з контр резервуаром.

Підготовка мережі до розрахунку полягає у складанні умовної розрахункової схеми. При гідравлічному розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальна схема замінюється умовною з вузловими точками відбору води, що розташовані, як правило, на перетинах магістральних ліній. Вузлові точки поділяють мережу на розрахункові ділянки. Порядок визначення витрат води на ділянках такий:

1. За графіком водоспоживання для призначеного режиму визначають розрахункові витрати q_{max} , л/с.

2. Визначають питомі витрати q_{nut} в л/с на 1 м мережі, виключаючи при цьому зосереджених водоспоживачів:

$$q_{nut} = \frac{q_{max} - \sum q_{zos}}{\sum L}, \quad (1.46)$$

де: $\sum q_{zos}$ - сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с;

$\sum L$ - сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не включаються ділянки, що призначені лише для транспортування води).

При різному характері забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району окремо.

3. Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати на кожній ділянці:

$$q_{шлях} = q_{nut} \cdot l_i. \quad (1.47)$$

4. Для спрощення розрахунків заміняють шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначають їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла:

$$q_{вуз} = 0,5 \sum q_{шлях}. \quad (1.48)$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то

$$q_{вуз} = 0,5 \sum q_{шлях} + q_{zos}. \quad (1.49)$$

Сума витрат, що притікають до вузла, повинна бути рівною сумі витрат, що витікають з нього.

5. Враховуючи, що окрім шляхових витрат, розрахунковою ділянкою проходить також транзитна $q_{тран}$ для живлення наступних ділянок мережі, визначають розрахункові витрати на кожній ділянці:

$$q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{шлях} \quad (1.50)$$

де: 0,5 - коефіцієнт, який враховує, що на початку ділянки $q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{шлях}$, а в кінці - $q_i = q_{тран}$.

Знаючи розрахункові витрати на ділянках мережі і прийнявши матеріал труб, визначають діаметри магістральних трубопроводів

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}}, \quad (1.51)$$

де: Q - розрахункові витрати ділянки, м³/с; V - швидкість руху води в трубі, м/с.

Визначаючи величину швидкості руху, слід враховувати, що малі швидкості руху води ведуть до збільшення діаметра, а великі - до його зменшення. Перше призводить до збільшення будівельної вартості, а друге - до збільшення втрат напору в трубах, і тим самим - до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Економічна вигідна швидкість складає: для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра - 0,9-1,5 м/с.

За формулами гідравліки при відомих діаметрах і витратах ділянок мережі визначають втрати напору. Для спрощення розрахунків за цими формулами складені таблиці, користуючись якими, загальні втрати напору визначають, як:

$$h_l = i \cdot l, \text{ м} \quad (1.52)$$

де i – ухил трубопроводу; l - довжина трубопроводу, м.

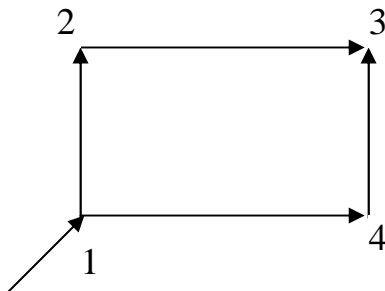
При розрахунку магістральних ліній втрати напору на місцеві опори не враховують як порівняно незначні.

При розрахунку складніших кільцевих мереж може бути багато різних вирішень розподілу води ділянками. В цих випадках проводять “ув’язку” мережі, щоб сума втрат напору на ділянках кільця з рухом води за годинниковою стрілкою дорівнювала сумі втрат напору на ділянках з рухом води проти годинникової стрілки ($\sum h = 0$).

Оскільки витрати на ділянках мережі беруться орієнтовно, а діаметри підбираються, виходячи з економічних міркувань, то сума втрат напору не дорівнює нулю, а становить певну додатну або від’ємну величину $\sum h$, яка називається нев’язкою. Щоб ув’язати мережу, треба частину взятої на початку розрахункової витрати перекинути з більш навантаженого півкільця на менш навантажене. Після виправлення витрат повторно визначають втрати напору. Розрахунок продовжують доти, поки величина нев’язки не стане допустимою ($\Delta h = 0,3 - 0,5$ м).

ПРИКЛАДИ РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З РОЗДІЛУ 1.3

Приклад 1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати.



Довжина ділянок:

$$l_{1-2} = l_{3-4} = 500 \text{ м}, \quad l_{2-3} = l_{4-1} = 800 \text{ м}$$

$$Q = 500 \text{ л/с}$$

Рішення: Визначаємо питому витрату води за формулою 1.46.

$$q_{\text{пит}} = \frac{500}{2600} = 0,1923, \text{ л/с.}$$

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою 1.47.

Відповідно до рисунку:

$$l_{1-2} = 500 \text{ м}$$

$$l_{2-3} = 800 \text{ м}$$

$$l_{3-4} = 500 \text{ м}$$

$$l_{4-1} = 800 \text{ м}$$

$$q_{\text{шлях}}^{1-2} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$q_{\text{шлях}}^{2-3} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$q_{\text{шлях}}^{3-4} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$q_{\text{шлях}}^{4-1} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$\sum q_{\text{шлях}} = 500 \text{ л/с, що дорівнює } Q = 500 \text{ л/с}$$

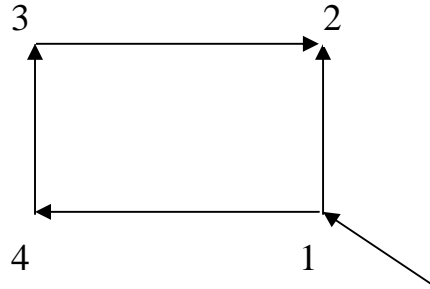
Заманюємо шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначаємо їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла за формулою 1.48.

$$q_{\text{вз}}^2 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с}; \quad q_{\text{вз}}^3 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{вз}}^4 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с}; \quad q_{\text{вз}}^1 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с}.$$

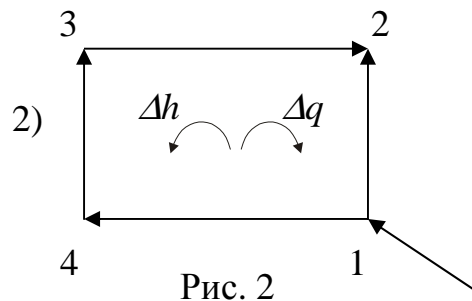
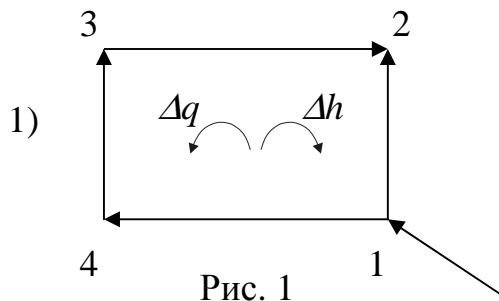
$$\sum q_{\text{вз}} = 500 \text{ л/с}.$$

Приклад 2. Визначить, які лінії перевантажені, які недовантажені і чому? При таких умовах в одному випадку $\Delta h > 0$, а у другому - $\Delta h < 0$. Роздивимося два випадки.



Рішення: В першому випадку (рис. 1) знак втрат напору «+», слід співпадає з шляхом годинної стрілки, таким чином поправочна витрата буде зі знаком «-» і співпадає з ділянкою 1-2, а це говорить, що ця ділянка недовантажена.

В другому випадку (рис. 2) знак втрат напору «-», слід це проти шляху годинної стрілки, таким чином поправочна витрата буде зі знаком «+» і співпадає з ділянками 1-4, 4-3, 3-2, а це говорить, що ці ділянка перевантажена.



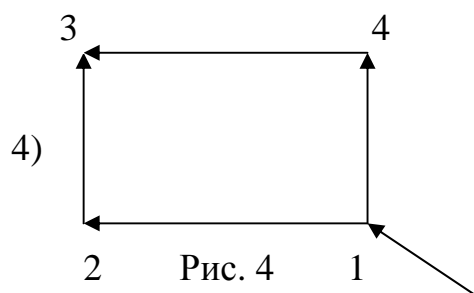
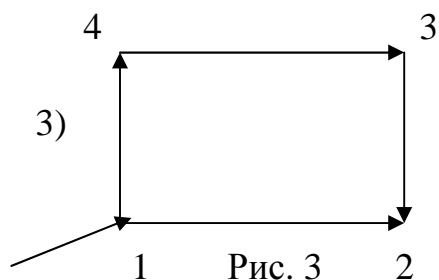
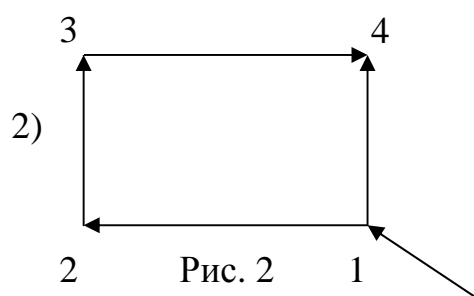
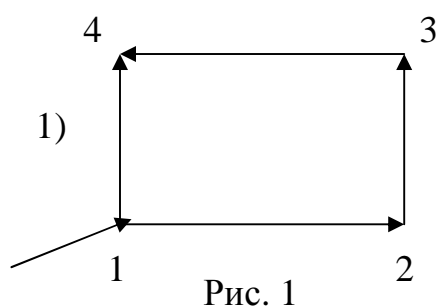
ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати, дивись рисунок до прикладу 1.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, що надходить в мережу, л/с	400	500	600	800	1000
Довжина ділянок: l_{1-2} , м	2000	1500	1000	2500	1000
l_{2-3} , м	1700	1200	1800	1000	700
l_{3-4} , м	600	500	900	800	800
l_{4-1} , м	800	400	450	600	1100

Задача 2. Визначить, які лінії перевантажені, які недовантажені і чому? При вирішенні задачі обов'язково показувати напрям руху витрат води і втрат напору.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Втрати напору	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$
Рисунок для вирішення задачі	рис. 1	рис. 2	рис. 3	рис. 4	рис. 2



2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторні роботи проводять по циклах. На кожен цикл відводиться певний час. У кожному циклі кілька завдань, на виконання кожного з них відводиться 2 год.

Деякі лабораторні завдання на розсуд викладача і залежно від конкретних умов можна виконувати в іншому порядку або не виконувати взагалі. Кількість і зміст лабораторних завдань може бути змінено за рішенням комісії академії, затвердженим керівництвом, в межах загальної кількості годин, передбачених навчальним планом.

Студенти приступають до виконання лабораторних робіт після вивчення відповідного розділу теоретичного курсу і виконують їх ланками по два - шість чоловік.

Перед початком виконання лабораторних робіт студенти повинні чітко засвоїти теоретичні основи процесів та визначити порядок проведення роботи. Для кожної лабораторної роботи бажано мати малюнок зі схемою установки та інструкцію щодо її проведення.

Всі записи в процесі проведення робіт, підрахунки, дослідні дані, графіки заносять в спеціальний зошит. Після виконання всіх лабораторних робіт кожен студент здає залік.

Цільове призначення лабораторних робіт - закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях і в процесі самостійного опрацювання навчального матеріалу; навчання навичкам виконання експериментальних робіт.

Загальні правила роботи і безпеки життєдіяльності в лабораторії.
Перед початком кожного лабораторного завдання студенти повинні чітко засвоїти його мету, знати теоретичні основи, що протікають в установці, процесів і визначити порядок проведення роботи.

У лабораторії студенти повинні бути акуратними і уважними, щоб не сталося нещасного випадку. Надійною гарантією безаварійної роботи може служити лише повне розуміння студентами сенсу кожної операції, кожної дії, сутності явищ, що відбуваються і їх можливих результатів, дотримання вимог безпеки.

На робочих місцях повинні бути дані короткі інструкції, що містять перелік безпечних прийомів виконання робіт і заходів щодо запобігання пожежі.

При виникненні будь-яких неясностей слід звернутися до лаборанта або викладача. Перед виконанням нової роботи і з новими речовинами кожен студент отримує докладний інструктаж.

Нетривіальні операції, пов'язані з підвищеною небезпекою, необхідно проводити тільки під безпосереднім наглядом викладача або лаборанта. На робочому місці повинні знаходитися тільки необхідні в даний момент прилади та обладнання.

При роботі з реактивами слід виходити з того, що будь-які хімічні речовини, навіть самі «безневинні», більшою чи меншою мірою отруйні. Для запобігання потрапляння хімічних сполук на шкіру, в рот, дихальні шляхи необхідно дотримуватися запобіжних заходів, наведені нижче.

Реактиви, необхідні для роботи, слід тримати щільно закупореними, а леткі (наприклад, соляну кислоту, розчин аміаку, бром) - на спеціальних полицях у витяжній шафі.

Всі роботи з пиловими і летючими реактивами слід проводити тільки у витяжній шафі. Шафи, в яких висушують речовини, також повинні мати тягу.

При роботі з отруйними хімічними речовинами необхідно бути особливо акуратним. Реактиви, які прокинули або пролили, слід негайно і ретельно прибрати. Якщо під час роботи буде пролита кислота або луг у великій кількості, потрібно повідомити про те, що трапилося, лаборанту. Видаляти кислоту і луг слід швидко, так як ці реактиви псують стіл та інші предмети, і обережно, щоб не пропалити одяг і не пошкодити руки. Особливо обережно слід поводитися з концентрованими лугами і кислотами. Концентровану кислоту (або луг), які потрапили на тіло, потрібно швидко змити сильним струменем води і звернутися до лаборанта за допомогою.

Категорично забороняється викидати в раковину рідини і тверді речовини, що не змішуються з водою, а також сильні отрути.

Під час роботи слід користуватися тільки незабрудненими реактивами, чистим посудом і приладами.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ОСНОВНІ ВИМОГИ, ЯКІ ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Придатність того чи іншого джерела для водопостачання визначається на підставі санітарного обстеження з урахуванням результатів гідрогеологічних, гідрологічних і топографічних вишукувань.

Контроль за станом водойм та якістю води підземних джерел полягає в періодичних обстеженнях зони санітарної охорони, технічного стану свердловин, трубопроводів та санітарно-хімічного аналізу води.

Вода джерел водопостачання не повинна містити небажаних домішок, які не можуть бути вилучені сучасними методами очищення.

До числа органолептичних показників якості води відносяться запах, присмак, каламутність, кольоровість. Останні два показники визначають фізичними методами. Органолептичні властивості води нормують за наступними показниками:

Запах при 20° С і при підігріві до 60° С, бали, не більше	2
Присмак при 20° С, бали, не більше	2
Кольоровість за платино кобальтовою або імітуючою шкалою, град., не більше	20
Каламутність за стандартною шкалою, мг/л, не більше	1,5
Відповідно діючому ДержСанПіНу, у воді джерел водопостачання нормується вміст наступних речовин, мг/л:	
Щільний залишок	1000
Хлориди (Cl^-)	350
Сульфати (SO_4^{2-})	500
Залізо (Fe^{2+} , Fe^{3+})	0,3
Марганець (Mn^{2+})	0,1
Мідь (Cu^{2+})	1

Цинк (Zn^{2+})	5
Залишковий алюміній (Al^{3+})	0,5
Гексаметафосфат (в перерахунку на PO_4)	3,5
Триполіфосфат (в перерахунку на PO_4)	3,5
Берилій	0,0002
Селен	0,001
Молібден	0,5
Нітрати (в перерахунку на N)	10
Поліакриламід	2
Свинець	0,1
Стронцій	2
Фтор:	
для I і II кліматичних поясів	1,5
для III кліматичних поясів	1,2
для IV кліматичних поясів	0,7

Загальна жорсткість води не повинна перевищувати 7 мг-екв/л. У воді джерел водопостачання нормується вміст речовин, токсичних для людини. Допустимий колі-індекс води джерел водопостачання залежить від способу її очищення. Якщо намічається тільки хлорування, колі-індекс повинен бути не більше 1000, а при повному очищенні води - не більше 10000.

Невідповідність хоча б одного з цих нормативів вимогам чинного ДержСанПіНу дає підставу для визнання непридатності води для питних цілей.

Інтенсивність специфічних присмаків і запахів, що з'являються після хлорування або будь-якої іншої реагентної обробки води, повинна бути не більше 1 балу.

Якщо у воді одночасно виявлено кілька речовин, нормованих по органолептичним або санітарно-токсикологічними показниками, сумарна концентрація їх, виражена в частках від кожної речовини, не повинна перевищувати одиниці, тобто

$$\frac{C_1}{C'_1} + \frac{C_2}{C'_2} + \dots + \frac{C_n}{C'_n} \leq 1, \quad (2.1)$$

де: С - концентрація речовин, мг/л;

С' - ГДК для тих же речовин, мг/л.

Санітарно-епідеміологічна безпека води гарантується за умови дотримання вимог чинного ДержСанПіНу на питну воду. Загальна кількість бактерій в 1 мл нерозбавленої питної води не повинна перевищувати 100; бактерій кишкової палички не повинно бути більше трьох в 1 л води. У питній воді мають бути відсутні організми, помітні неозброєним оком.

Вправа 1. При аналізі проби води, яка взята з водоносного горизонту, отримані наступні результати: запах 1 бал, каламутність 1,2 мг/л, кольоровість 8 град., активна реакція (рН) 7,6, жорсткість загальна 3,4 мг-екв/л, вміст кальцію 36,8 мг/л, міді 19,8 мг/л; залізо загальне 0,22 мг/л, хлор 7 мг/л, сульфати 30 мг/л, щільний залишок 140 мг/л. Чи можна використовувати цю воду для водопостачання та чи достатній обсяг виконаного аналізу для такої оцінки?

За всіма наведеними показниками якість води джерела задовольняє вимогам ДержСанПіНу. Однак на підставі цих даних висновок про придатність

води для питних цілей зробити не можна, тому що не виконані бактеріологічні аналізи; не визначена концентрація фтору, наявність якого у воді обов'язкова і строго нормована, нема санітарно-токсикологічного показника.

Вправа 2. Визначити, чи придатна вода для питних цілей, якщо вона задовольняє вимогам ДержСанПіНу за органолептичними та бактеріологічними показниками, а в речовинах, нормованих по санітарно-токсикологічному показнику шкідливості, виявлені іони свинцю $[Pb^{2+}]$ 0,05 мг/л, стронцію $[Sr^{2+}]$ 1,82 мг/л, молібдену $[Mo^{2+}]$ 0,1 мг/л?

Концентрація свинцю, стронцію і молібдену не перевищує норм, встановлених ДержСанПіНом. Однак для обліку кумулятивної (спільної) дії сполук перерахованих елементів потрібно провести розрахунок за формулою (2.1)

$$\frac{0,05}{0,1} + \frac{1,82}{2} + \frac{0,1}{0,05} = 1,125.$$

Сума відносин концентрації кожного з виявлених сполук до гранично допустимої концентрації більше 1, значить така вода непридатна для питних цілей.

Вправа 3. Проби води відібрали в чотирьох місцях за течією річки вище водозабору. Найвіддаленіша від водозабору точка 4 (табл. 2.1).

У пункті 3, розташованому нижче за течією річки від пункту 4, змінилася якість води: збільшився щільний залишок, відбулися зміни в іонному складі води, в три рази збільшилася перманганатна окислюваність води і більш ніж в чотири рази зросло мікробне число. Зміна в іонному складі води особливо яскраво проявилася в збільшенні хлоридів, концентрація яких зросла більш ніж у десять разів. Кількість сульфатів у воді збільшилася з 9,6 до 48 мг/л. Значно зросла концентрація амонійного азоту.

Таблиця 2.1 - Результати дослідження річки

Показник	Концентрація (мг/л) речовин в пунктах відбору проб			
	1	2	3	4
Щільний залишок	375	360	370	205
Іони: карбонати HCO_3^-	156	160	152	184
сульфати SO_4^{2-}	49,4	46,2	48	9,6
хлориди Cl	75	70,8	72,2	7,1
кальцій Ca^{2+}	52	50	51	40
магній Mg^{2+}	12	12	12	12
натрій Na^+	17	16,8	18,4	12
нітрат натрію NH_4^+	0,2	1,2	4,5	0,2
Окислюваність	6,2	10	18	6
Мікробне число	180	500	850	200
Колі-індекс	$2,2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$

Ці результати говорять про те, що в річку між пунктами 3 і 4 скидаються виробничі стічні води, про що свідчать такі серйозні зміни в концентрації хлоридів і сульфатів. Те, що забруднення, які надходять в річку, мають промислове походження, підтверджується результатами колі-індексу. Число

бактерій кишкової палички не збільшилося, значить скиду у водоймище побутових стоків немає.

Стік, що скидається, містить значну кількість органічних речовин, внаслідок чого в пункті 3 зросла перманганатна окислюваність (наявність у воді органічних і неорганічних відновників). Про органічну природу внесених забруднень свідчить зміна величини мікробного числа в пункті 3. Різде збільшення кількості сапрофітів може бути викликане надходженням у водойму органічних речовин, які використовують сапрофіти в процесі енергетичного та конструктивного метаболізму.

Порівняння результатів аналізу води в пунктах 3, 2 і 7 дозволяє говорити про інтенсивні процеси самоочищення на цій ділянці річки. Окислюваність від пункту 3 до пункту 1 зменшується приблизно в три рази в результаті бактеріального окислювання органічних речовин.

На обстежених ділянках річки йде процес бактеріального самоочищення, про що (в пункті 1) свідчить зниження колі-індексу з $5 \cdot 10^2$ (в пункті 4) до $2,2 \cdot 10^2$. Оцінюючи результати процесу самоочищення, слід зазначити, що окислюваність, мікробне число виявилися на колишньому рівні, тобто такими ж, як у пункті 4 до скидання стічних вод у водойму. Однак ці результати не дозволяють говорити про повне відновлення якості води в результаті самоочищення. У цьому легко переконатися, порівнявши іонний склад води і загальний солевміст води у всіх пунктах. У пункті 3 кількість щільного залишку збільшилася в 1,5 рази в порівнянні з пунктом 4 і залишилося на цьому рівні в пункті 1. У цьому пункті не змінилась в порівнянні з пунктом 3 також вміст сульфатів і хлоридів.

Таким чином, здатність водойми до самоочищення дозволила ліквідувати лише частину внесених зі стічними водами забруднень, не забезпечивши колишнього іонного складу води.

Контрольні питання

1. На підставі чого визначають придатність того чи іншого джерела для водопостачання?
2. У чому полягає контроль за станом водойм та якістю води підземних джерел?
3. За якими показниками нормують органолептичні властивості води?
4. Як визначити сумарну концентрацію, якщо у воді одночасно виявлено кілька речовин, нормованих по органолептичному або санітарно-токсикологічному показникові?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ

Мета роботи:

Визначити фізичні показники проб природних вод: температуру, запах, смак, присмак, прозорість, мутність, кольоровість.

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи

Ртутний термометр, колби з широким горлом ємністю 150-200 мл, секундомір, електроплити, циліндр висотою 350 мм, стандартний шриффт, колби, фотоелектроколориметр, кювети, калібрувальний графік.

Температура

Вимірювання температури води і повітря під час відбору проб є невід'ємною частиною аналізу. Температура вимірюється ртутним термометром з поділом 0,1-0,5 °С. Застосовується калібрувальний термометр або термометр, перевірений по каліброваному термометру.

Температура дається в градусах Цельсія з округленням до 0,1 або 0,5 °С залежно від типу термометра. Знак ставиться тільки при температурах нижче нуля.

Температура води залежить від пори року і температури пор ґрунтів, з якими вона стикається. Оптимальна температура води, яка використовується для пиття, повинна бути не вище 11 °С і не нижче 7 °С. Вода з такою температурою має більш приємний і освіжаючий смак. Вода з високою температурою містить в собі мало розчинених газів, тому вона погано тамує спрагу і неприємна на смак.

Запах, смак і присмак (Органолептичні показники)

Запах і смак води залежать від температури, розчинених у воді газів і від складу домішок (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Порівняльна таблиця граничної концентрації солей, які дають смакові відчуття

Сіль	Концентрація, мг/дм ³	
	Смак без чіткого уявлення, майже непомітний	Смак, який сприймається як поганий,
NaCl	150	500 солений
MgCl ₂	100	400 гіркий
MgSO ₄	200	500 те ж
CaSO ₄	70	150 в'язучий
KCl	350	700 гіркий
FeSO ₄	1,5	5 залізистий
MnCl ₂	2,0	4 болотний
FeCl ₂	0,3	0,5 те ж

Причини запаху і смаку води обумовлюються присутністю, наприклад, сірководню та продуктів розпаду рослинних організмів, які утворюються при цвітінні водоймищ, тобто масовому розвитку зважених водоростей.

Приємний і освіжаючий смак води додають розчинені в ній гази (кисень і вуглекислота), а також невелика кількість гідрокарбонату кальцію.

Інтенсивність запаху і присмаку визначають органолептичними шляхом за п'ятибальною системою. Спочатку визначають характер запаху:

а) запах природного походження (від організмів, які живуть і вмирають у воді, від впливу берегів, дна, ґрунтів, зрубів, колодязів і т.д.);

б) запах штучного походження (від випадкового потрапляння промислових стічних вод, від обробки водопровідної води реагентами і т.д.).

Воду, яку досліджують, при температурі 15-20 °С наливають в колбу з широким горлом ємністю 150-200 мл на 2/3 її об'єму, накривають годинниковим склом, струшують закриту колбу обертальними рухами, відкривають, втягують носом повітря з колби і для запахів І групи дають визначення по класифікації, наведеній в табл. 2.3.

Запахи ІІ групи називаються за відповідними речовинами: фенольний, хлорфенольний, камфорний, бензиновий і т.д.

Запахи води, яка піддається хлоруванню, визначають через 30 сек. після введення хлору.

Бальні оцінки запаху (табл. 2.4) визначають:

1) при 15-20 °С;

2) після нагріву до 60 °С.

Таблиця 2.3 - Визначення характеру запаху

Символ	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Муловий, тинний
В	Гнилий	Фекальний, стічної води
Д	Дерев'яний	Запах мокрої щіпки, дерева
З	Землистий	Прілий, свіжо зораної землі
Р	Рибний	Риб'ячого жиру, риби
С	Сірководню	Тухлих яєць
Т	Трав'яний	Сіна
Н	Невизначений	Запах природного походження, який не підлягає під попередні визначення

Таблиця 2.4 – Оцінка інтенсивності запаху (в балах)

Бал	Інтенсивність запаху	Опис визначення
0	Невідчутний	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах, який визначається дуже досвідченим дослідником
2	Слабкий	Запах, який не звертає увагу користувача, але такий, що можливо помітити, якщо вказати на нього
3	Помітний	Запах, який легко визначається і може дати привід ставитися до води з недовірою
4	Відчутний	Запах, який звертає на себе увагу і робить воду непридатною для пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття

Нагрівання проводиться в тій же колбі, закритій годинниковим склом.

Проведення робіт з визначення запаху вимагає притримування таких умов:

- повітря в приміщенні, де ведеться визначення, повинен бути без запахів;
- повинен бути відсутнім хоч який-небудь запах від рук, одягу спостерігача;

- одна і та ж людина не повинна проводити визначення запаху протягом тривалого часу, тому що настає стомленість і звичка до запахів.

Смак і присмак визначають органолептично як за якістю, так і за інтенсивністю.

Розрізняють чотири види смаку: солоний, гіркий, солений і кислий. Інші види смакових відчуттів називають присмаками. Смак і присмак визначають в сирій воді, за винятком води відкритих водойм та джерел, сумнівних в санітарному відношенні, смак води, яку досліджують після кип'ятіння та охолодження до кімнатної температури, що повинно бути відображено в запису аналізу (смак і присмак кип'яченої води). Хлорована вода досліджується на смак через 30 хв. після введення в неї хлору.

Для визначення смаку і присмаку воду в кількості 15 мл набирають в рот і тримають там кілька секунд, не ковтаючи її. Якісна характеристика присмаку визначається за відповідними ознаками: хлорний, рибний, металевий і інш. Інтенсивність смаку і присмаку оцінюють за п'ятибальною системою, так само, як і запах.

Прозорість

Визначення прозорості виконується двома методами:

- 1) "за хрестом";
- 2) "по шрифту".

Перший використовують при регулярному контролі роботи очисних споруд, водопроводу і при визначенні якості води водогінної мережі, в інших випадках застосовують другий метод.

При визначенні прозорості "по хресту" користуються приладом, який являє собою циліндр, градуйований по висоті через кожен сантиметр чорними лініями товщиною 1 мм. Низ циліндра висвітлюється сильним джерелом світла. Найбільша висота водяного стовпа (в см), через який чітко видно точки і хрест і характеризує прозорість води за цим методом.

За іншим методом прозорість визначають в градуйованому циліндрі, розміщеному на висоті 4 см над стандартним шрифтом. Допустима висота стовпа води, через який читання шрифту ще можливо, висловлює прозорість.

При вмісті зважених речовин менше 3 мг/дм³ визначення прозорості стає складним через необхідність застосування труби більшої довжини. В такому випадку знаходять величину, зворотну прозорості - каламутність води. У лабораторії каламутність визначають на мутнометрі і висловлюють в мг/дм³. Це визначення зводиться до порівняння каламутності пробної води зі стандартами.

Кольоровість води

Чиста вода, взята в малому обсязі, безбарвна. В товстому шарі вона блакитного відтінку. Інші відтінки свідчать про наявність у воді різних розчинених і зважених речовин.

Для правильної оцінки кольоровості води необхідно в кожному випадку встановлювати причину, яку викликала поява того чи іншого кольору. Причиною, що зумовлює зміну кольоровості води, можуть бути колоїдні сполуки заліза, гумінові речовини та інш.

При цвітінні водойм вода стає ясно-зеленого або смарагдово-жовтого кольору (при розвитку синьо-зелених водоростей).

Кольоровість визначається колориметрично шляхом порівняння досліджуваної води з еталонною шкалою, яка імітує це фарбування.

Кольоровість виражають у градусах платиново-кобальтової шкали (колір розчину, який містить 2,49 м K_2PtCl_6 і 2,08 м $CoCl_2$ в літрі води, прийнятий за 1000 умовних градусів кольоровості) або кобальтово - біхроматної шкали (кольоровість, яка містить 0,175 мг $K_2Cr_2O_7$ і 4 мг $CoSO_4$ в літрі води, прийнятий також за 1000 умовних градусів кольоровості - ДСТ 3351-74).

Порядок проведення роботи

1. Досліджувану воду поміщають в кювету і навпроти контролю (дистильована вода) вимірюють на фотоколориметрі її оптичну густину.
2. За калібрувальною шкалою визначають кольоровість досліджуваної води.

Контрольні питання

1. Як впливає температура на смак і запах природних вод?
2. Як оцінюється інтенсивність смаку і запаху природних вод?
3. У якому випадку користуються визначенням прозорості води "по хресту"?
4. У яких одиницях виражається кольоровість природних вод?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ФІЛЬТРИ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

Мета роботи:

Вивчення типів і області застосування фільтрів водозабірних свердловин.

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи

Модель фільтрувальної колони; моделі ділянок каркасно-стрижневого, трубчастого з круглою і щілинною перфорацією, дротяного, сітчастого, гравійно-кожухова, блочного фільтрів.

Загальні відомості про обладнання водоприймальної частини свердловини

Фільтр встановлюється в свердловині в зоні експлуатаційного водоносного пласта при заборі води з пухких і нестійких скельних і напівскельних порід. Він призначений для пропуску в свердловину води без механічних домішок і запобігання обвалів водоносного пласта при роботі насоса свердловини, фільтрувальна колона (рис. 2.1) складається з водоприймальної (робочої) частини - фільтра, надфільтрової труби і відстійника.

Верхня частина надфільтрової труби повинна бути вище башмака обсадної колони не менше, ніж на 3 м при глибині свердловини до 30 м і не менше, ніж на 5 м при глибині свердловини більше 30 м. Довжина відстійника приймається до 2 м в залежності від характеру ґрунту водоносного пласта.

Водоприймальна частина збирається з окремих ланок, довжина яких 2 ... 5 м, за допомогою різьбових муфт або зварювання. Довжина водоприймальної частини залежить від потужності водоносного пласта, продуктивності свердловини, водопроникності порід, гідрохімічних умов. Фільтрувальні колони опускають в свердловину:

- а) на суцільний колоні обсадних труб;
- б) на колоні обсадних труб з подальшим відгвинчуванням другої частини;
- в) на бурових трубах.

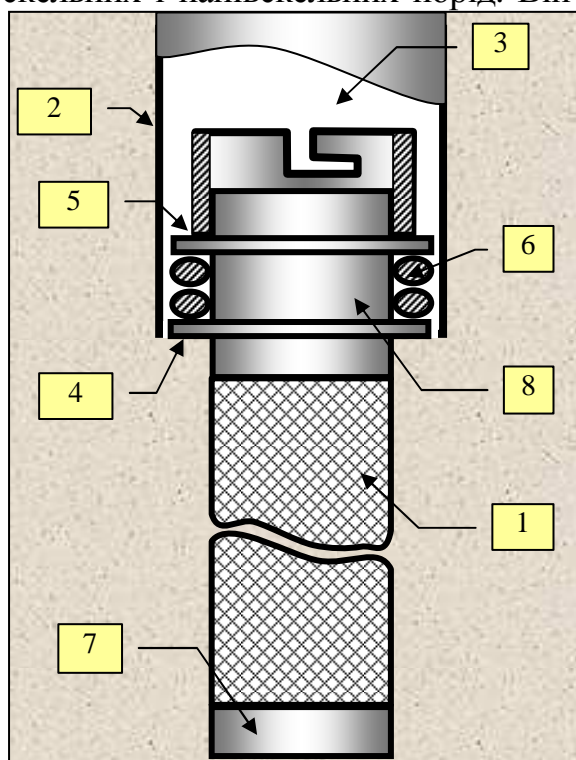


Рис. 2.1 - Фільтрувальна колона
1 - робоча частина фільтрувальної колони;
2 - експлуатаційна колона обсадних труб;
3 - муфта з "Т"-подібним вирізом;
4 - нижнє кільце (приварене до тіла фільтра), 5 - верхнє кільце (вільно одягнене на фільтр); 6 - сальник; 7 - відстійник;
8 - надфільтрова частину.

Вимоги до конструкції фільтрів:

1. Необхідна механічна міцність конструкції і достатня стійкість проти хімічної та електрохімічної корозії.

2. Шпаруватість фільтрів (відношення сумарної площі отворів до площі фільтра) і розмір прохідних отворів, враховуючи можливість хімічного і механічного кольматажу при експлуатації, повинні бути максимальними.

3. Під час експлуатації свердловини фільтр повинен оберігати її від піскування.

4. Діаметр фільтрувальних каркасів розраховується на можливість пропуску води зі швидкістю до 1,5 ... 5 м/с.

5. Фільтри повинні бути доступними для проведення різних операцій з оновленням продуктивності свердловини хімічними реагентами і бути стійкими до впливу вибухових методів.

Вибір типу фільтра та розмірів його прохідних отворів

Тип фільтру водозабірної свердловини приймається в залежності від глибини свердловини, прийнятого способу її буріння і характеристики водоносного пласта. При цьому для пухких порід слід визначити гранулометричний склад з метою встановлення:

а) d_{10} , d_{50} , d_{60} - розмірів частинок, менше яких у водоносному шарі вміщується відповідно 10, 50, 60%;

б) коефіцієнта неоднорідності породи $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$.

Вимоги державного стандарту до прийняття типу та конструкції фільтру наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Вибір типу і конструкції фільтра

Породи водоносних пластів	Типи і конструкції фільтрів
1. Скальні і напівскальні нестійкі породи, щебеневі і галечникові відкладення з переважаючим розміром частинок 20...100 мм (більше 50% по масі)	Фільтри каркасні (без додаткової фільтруючої поверхні) стрижневі й трубчасті з круглою і щільною перфорацією, штамповані із сталевго нержавіючого листа товщиною 4 мм з антикорозійним покриттям, спіральнo-стрижневі.
2. Гравій, гравійний пісок з крупністю частинок від 2 до 5 мм (більше 50% по масі)	Фільтри стрижневі й трубчасті з водоприймальної поверхнею з дротяної обмотки або сталевго нержавіючого штампованого листа. Фільтри, штамповані із сталевго нержавіючого листа товщиною 4 мм з антикорозійним покриттям, спіральнo-стрижневі.
3. Крупні піски з розміром частинок 1-2 мм (більше 50% по масі)	Те ж
4. Середньозернисті піски крупністю 0,25-0,5 мм (більше 50% по масі)	Фільтри стрижневі й трубчасті з водоприймальної поверхнею з дротяної обмотки і сіток квадратного плетіння, штампованого листа з нержавіючої сталі з піщано-гравійним обсіпанням, спіральнo-стрижневі.
5. Мілкозернисті піски крупністю 0,1-0,25 мм (більше 50% по масі)	Фільтри стрижневі й трубчасті з водоприймальної поверхнею з дротяної обмотки і сіток галунного плетіння, штампованого листа з нержавіючої сталі з одношаровим або двошаровим піщано-гравійним обсіпанням, спіральнo-стрижневі.

Розміри прохідних отворів фільтрів при влаштуванні гравійної обсіпання приймаються рівними середньому діаметру частинок обсягу гравійного обсіпання, що прилягають до стінки фільтра, а без облаштування гравійної обсіпання - по табл. 2.6, в якій наведено вимоги державного стандарту до

прийняття розмірів прохідних отворів фільтрів. Менші значення коефіцієнтів при d_{50} відноситься до дрібнозернистих порід, а більше - до грубозернистих.

Таблиця 2.6 - Визначення розмірів отворів фільтрів

Тип фільтру	Розміри отворів фільтрів	
	$K_n \leq 2$	$K_n \geq 2$
З круглою перфорацією	$(2,5 \dots 3,0) d_{50}$	$(3 \dots 4) d_{50}$
З щілинною перфорацією	$(1,25 \dots 1,5) d_{50}$	$(1,5 \dots 2) d_{50}$
Сітчасті	$(1,5 \dots 2) d_{50}$	$(2 \dots 3) d_{50}$
Дротяні	$1,25 d_{50}$	$1,5 d_{50}$

Конструкції фільтрів

Трубчасті фільтри з круглою і щілинною перфорацією (рис. 2.2) представляють собою трубу з водоприймальними круглими отворами (2) або у вигляді вузьких щілин (3). Відстань між центрами круглих отворів приймається рівною в горизонтальному напрямку 1,5 ... 2, а вертикальному - 1,25 ... 1,5 діаметрів отворів. Довжина щілини приймається 25 ... 100 мм, відстань між щілинами в вертикальному напрямку - 10 ... 20 мм, в горизонтальному 10а (а - ширина щілини). Щілини повинні бути трапецієвидні з розширенням в середині труби. Це не допускає заклинювання часток породи в щілинах. Для виготовлення таких фільтрів застосовують сталеві обсадні, азбестоцементні, пластмасові, фарфорові та інші труби. Шпаруватість трубчастих фільтрів повинна бути 20 ... 25%.

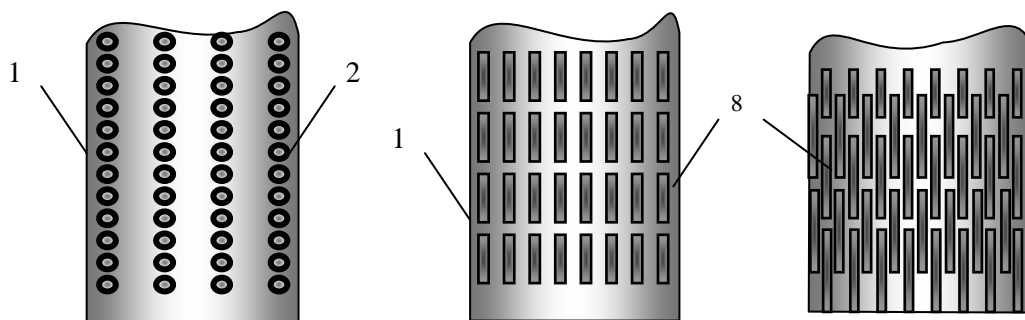


Рис. 2.2 – Трубчасті фільтри з круглою та щілинною перфорацією.

2. Стрижневі фільтри (рис. 2.3) виготовляють зі стрижнів прутневої сталі (1) марки Ст. 5 і Ст. 7 діаметром 6, 10, 12, 14, 16 мм довжиною від 2 до 3,5 м, приварених до сполучних патрубків (2) зі сталевих труб довжиною 250 ... 300 мм. Для додання фільтру потрібної жорсткості через кожні 200 ... 300 мм по всій висоті його ланцюга між стержнями вставляють і приварюють до них кільця жорсткості (3) з обрізків обсадних труб відповідного діаметру. Стрижневі фільтри рекомендують встановлювати в свердловинах глибиною до 120 м.

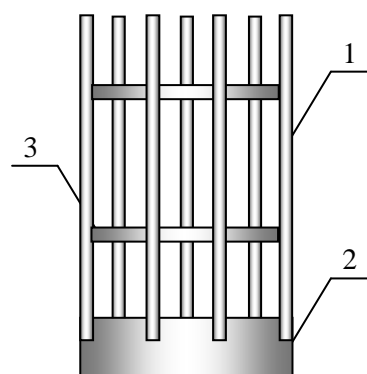


Рис. 2.3 - Стрижневий фільтр

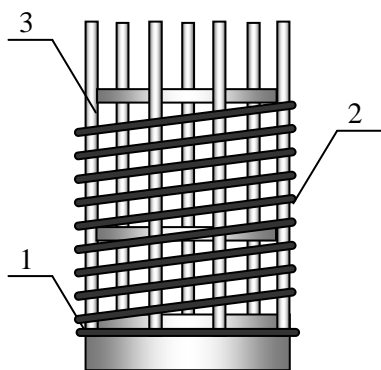


Рис. 2.4 – Спірально-стрижневий фільтр

3. **Спірально-стрижневі фільтри** (рис. 2.4) мають в основі спіраль (2) з привареними до неї стрижнями (3), кінці яких так само приєднані зварюванням до сполучних патрубків (1). Для опорного каркаса використовується спіраль з круглого прокату діаметром 6 ... 11 мм з кроком навивки 20 ... 60 мм з 9 ... 13 стрижнями діаметром 9 ... 10 мм. Спірально-стрижневі фільтри встановлюються в свердловинах глибиною до 200 м.

4. **Фільтри з водоприймальною поверхнею з дротяної обмотки** (рис. 2.5) виготовляють або на стрижневому каркасі (1, 2, 3 - ті ж позначення, що на рис. 2.3) або на каркасі з трубчастого фільтра з круглою і щільною перфорацією (5) шляхом намотування по спіралі прута (4) з нержавіючої сталі діаметром 2 ... 4 мм. При цьому на трубчастий каркас встановлюють довгі стрижні (6) із сталі марок Ст. 3, Ст. 5 діаметром 5 ... 10 мм. Для запобігання сповзання витків намотування, їх прикріплюють до стрижнів епоксидною смолою ЕД-5 і ЕД-6 або паянням з м'яким припоєм. Шорсткість таких фільтрів повинна бути не більше 30 ... 60%.

5. **Фільтри з водоприймальною поверхнею з штампованого сталевго листа з антикорозійним покриттям** (рис. 2.6). Штампований просічно лист виготовляється із сталевго нержавіючого листа товщиною 0,7 ... 1 мм шляхом просічки отворів з витяжкою або щілинами різної форми відкритого типу.

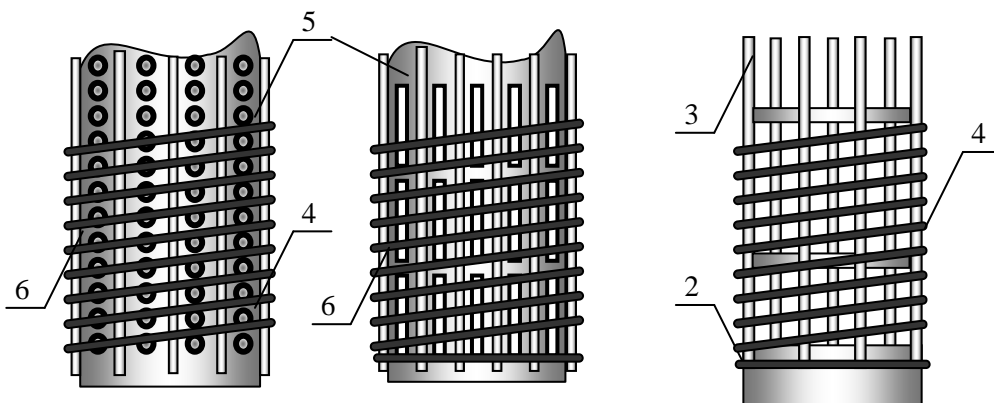


Рис. 2.5 – Фільтри з водоприймальною поверхнею з дротовою обмоткою

Монтаж просічення листа (1) виконується на стрижневому каркасі (2) безпосередньо по стрижні або на каркасах трубчастих фільтрів (3) з круглої або щільною перфорацією - по попередньо намотаним і закріпленим на кінцях підігнутими сталевими планками поліетиленовим або гумовим шнуром діаметром 4 ... 6 мм. Крок навивки шнура 60 ... 100 мм. Збірка листа з просічками з каркасом виконується за допомогою ланцюгового обтиску і зварювання. Шорсткість фільтрів повинна бути не більше 30 ... 60%.

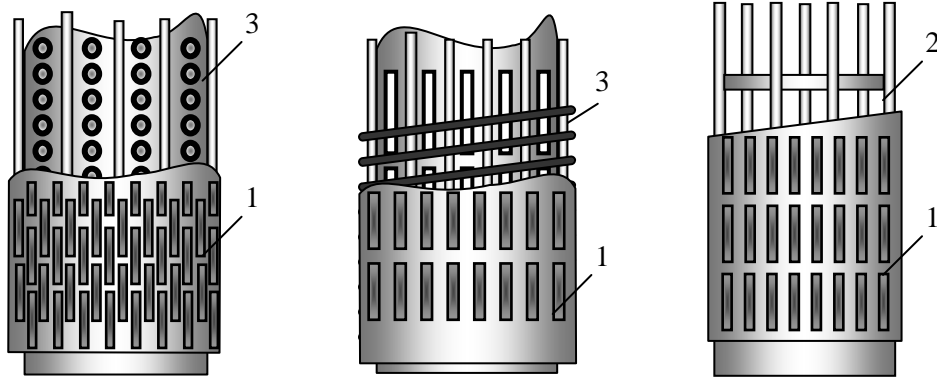


Рис. 2.6 – Фільтри з водоприймальною поверхнею зі сталюого штампованого листа

6. Фільтри з водоприймальною поверхнею із сіток (рис. 2.7)

На трубчастий каркас з круглою або щілинною перфорацією (1) встановлюється або підкладкове намотування (2) з нержавіючої сталі діаметром 5 ... 10 мм або синтетична гофрована сітка (3). Зверху за допомогою пайки або зшита кріпиться латунна або з нержавіючої сталі сітка (5). До стрижневого каркасу (4) сітка кріпиться безпосередньо.

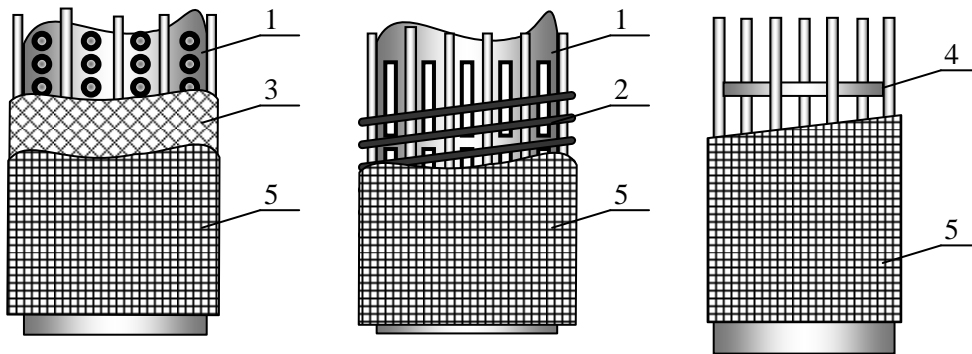


Рис. 2.7 – Фільтри з водоприймальною поверхнею з сіток.

Найчастіше для фільтрів використовують сітки галунного (гладкого) плетіння з дробовим позначенням номерів 6/70; 7/70 і т.д. Цифра чисельника показує кількість вертикальних прутів основи, а знаменник - кількість горизонтальних прутів качка на 1 дюйм сітки. Можливе використання сіток квадратного плетіння з номерами 2,6; 2,5; 1,25 і т.д., що позначає розмір осередків.

Як підкладкову підмотку під робочу сітку використовують сітку квадратного плетіння з розміром осередку 15 мм або поздовжній дріт діаметром 3 ... 4 мм, зверху якого намотується спіраль з дроту діаметром 2 ... 3 мм з відстанню між 15 ... 25 мм.

7. Гравійні фільтри складаються з стрижневого або трубчастого каркаса з водоприймальною поверхнею з дрітної обмотки або сталюого штампованого листа або з сітчастого покриття. Тип водоприймальної поверхні приймається в залежності від п'ятдесятивідсоткового діаметра частинок обсапання, яке прилягає до конструкції фільтра.

П'ятдесятивідсотковий діаметр частинок, які контактують з водоприймальною поверхнею, приймаються

$$D_{50} = (8 \dots 12) d_{50}, \quad (2.1)$$

де d_{50} - п'ятдесятивідсотковий діаметр частинок водоносної породи.

При облаштуванні двох або тришарового гравійного обсіпання співвідношення $\frac{D_2}{D_1} = 4 \dots 6$, де D_1 , D_2 - середній діаметр частинок матеріалу сусідніх шарів обсіпання.

Гравійні фільтри можуть робитися на вибої свердловини після установки фільтрувального каркаса в свердловину (обсіпні фільтри) і на поверхні землі (кожухові, кошикові), які опускають у свердловину в зібраному вигляді.

Обсіпний гравійний фільтр (рис. 2.8) складається з каркаса (1), ліхтарів (2), обсіпання (3). Влаштовують його таким чином: у свердловину, яка обсаджена трубами (4) до підосви водоносного горизонту, опускають фільтр з водоприймальною поверхнею з дрібною обмоткою (сталевий лист або сітчасте покриття), зовнішній діаметр якого повинен бути не менше ніж на 100 мм менше внутрішнього діаметра обсадних труб. Це забезпечить товщину обсіпання більше 50 мм. Для центрування фільтра в свердловині на ньому в кількох місцях прикріплюють електрозварюванням ліхтарі (напрямні планки з смугової сталі довжиною 6 ... 8 мм). Зовнішній діаметр по крайках ліхтарів повинен бути на 15 ... 20 мм менше внутрішнього діаметра обсадних труб.

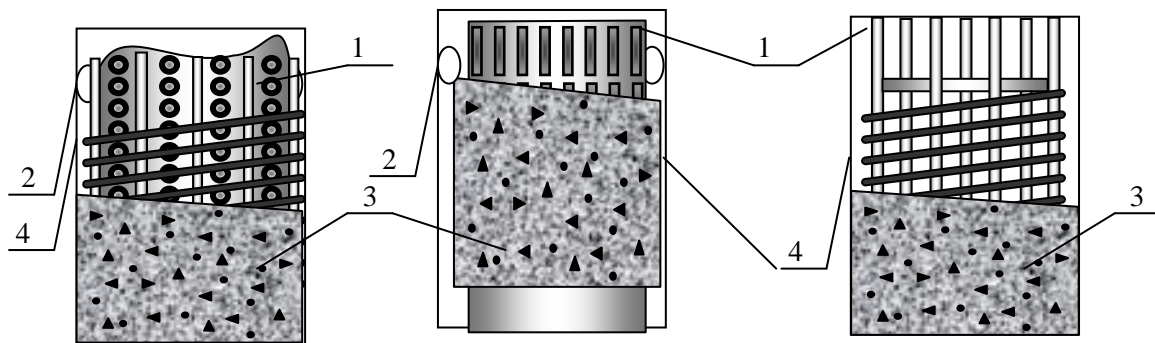


Рис. 2.8 – Гравійний обсіпний фільтр

В кільцевий простір між фільтром і обсадною трубою по трубці діаметром 38 ... 50 мм засипають дрібними порціями відсортований гравій або пісок. При засипці через певні інтервали (0,5 ... 5 м) поступово піднімають обсадні труби з таким розрахунком, щоб внутрішня кромка засипки знаходилася постійно в кільцевому зазорі між фільтром і обсадною трубою. Після того, як весь фільтр буде повністю відкритий, підняття обсадної труби буде закінчено, але обсіпання слід довести на 5 ... 10 м вище башмака обсадної труби.

Гравійно-кожухові фільтри (рис. 2.9) збираються на поверхні землі і в готовому вигляді опускаються в свердловину.

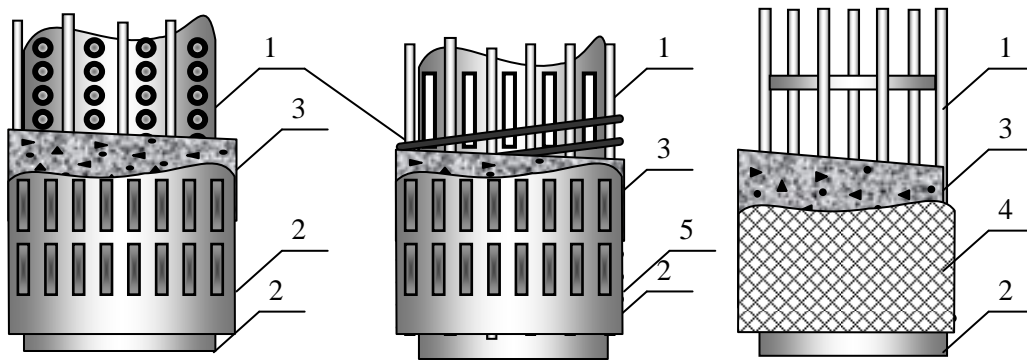


Рис. 2.9 – Гравійний кожуховий фільтр

До нижньої частини каркасу (1) кріплять хомутами (2) кожух, в утворений простір засипають гравійне обсіпання (3), а потім хомутами прикріплюють до каркаса верхню частину кожуха. Як кожух використовують просту сталеву сітку квадратного плетіння з осередками 2х2 або 3х3 мм (4) або штампований лист (5). При цьому товщина обсіпання повинна бути не менше 30 мм, а отвори в каркасі повинні починатися на 400 ... 500 мм нижче верхньої кромки обсіпання.

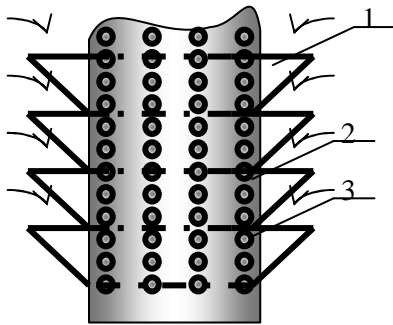


Рис. 2.10 – Кошиковий фільтр

Кошиковий фільтр виготовляють на поверхні землі у вигляді кошиків (1) (рис. 3.10), приварених нижньою частиною до сталевій трубі (2). При цьому в трубі в основі кошиків зроблені отвори (3). У кошик засипають один або два шари гравію з умовою, що товщина кожного шару буде складати не менше 30 мм.

8. **Блочні фільтри** збирають на поверхні землі з блоків (4) (рис. 2.11) з пористої кераміки, пористого бетону та інш. До стрижневого (1) або трубчастого (2) каркасу приварені опорні фланці (3), на які одягнені окремі блоки фільтра і розділені гумовими ущільнювальними прокладками (5). Діаметр пор в блоці складає 0,2 ... 0,45 мм, довжина блоку 330 ... 350 мм, товщина стінок - 15 ... 30 мм. Блокові фільтри не рекомендують до установки в свердловині, яка пробурена із застосуванням глинистого розчину, в глинистих пісках і в воді з підвищеним вмістом солей заліза і кальцію.

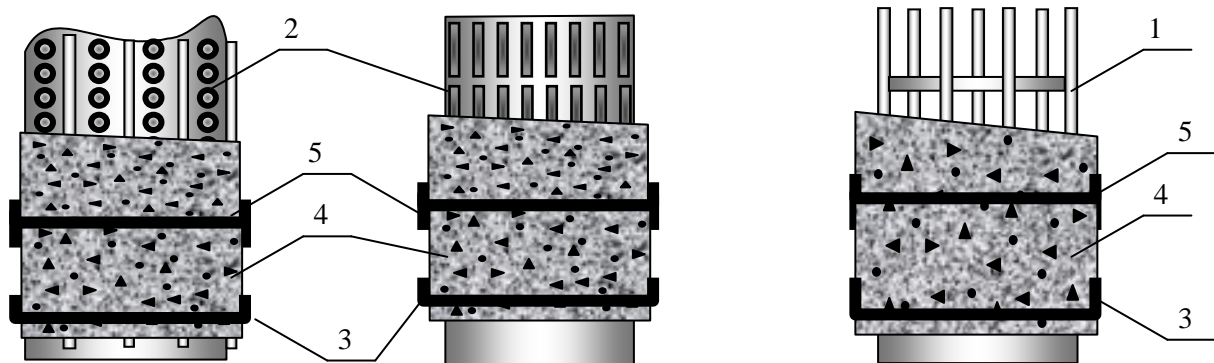


Рис. 2.11 – Блочні фільтри

Контрольні питання

1. Де і в яких умовах встановлюють фільтр в свердловині?
2. З чого складається фільтрувальний колона?
3. Які вимоги висуваються до фільтрів?
4. Від чого залежить вибір типу та конструкції фільтра?
5. Як виглядають трубчасті фільтри?
6. Які особливості стрижневих фільтрів?
7. З чого складаються гравійні фільтри?

3. КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Сучасна система водопостачання представляє собою складний комплекс інженерних споруд. Технологія виробництва та міське господарство ставлять високі вимоги до споруд для забору, транспортування та очистки води.

До найважливіших елементів науково-технічного прогресу в проектуванні, будівництві та експлуатації водопровідних споруд слід віднести широке використання нових методів гідравлічного розрахунку пристроїв, застосування прогресивних конструкцій та сучасної технології виробництва будівельних робіт, впровадження комп'ютеризації та автоматичних систем управління з метою забезпечення оптимального режиму експлуатації водопроводів та економних витрат води.

Проектування і розрахунок водопровідної мережі пов'язані з вибором такого комплексу споруд (насосних станцій, водопроводів, мереж і т.д.) та їх технічного вирішення, при якому забезпечувалась би подача потрібної кількості води споживачам з заданими напорами в місцях її відбору при найменших затратах як на його будівництво, так і на експлуатацію за прийнятий розрахунковий строк.

Мета курсового проекту – навчити студентів проектувати та розраховувати водопровідну мережу міста.

3.1. ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Для виконання курсового проекту необхідний ряд вихідних даних, до числа яких належать:

1. Генплан міста з горизонталями в масштабі 1:5000 (1:10000).
2. Щільність населення на розрахунковий період, чол./га.
3. Поверховість забудови.
4. Ступінь благоустрою будівель.
5. Норма водопостачання, л/добу·чол.
6. Дані про підприємство, яке отримує воду з міського водопроводу (продуктивність, кількість працівників).
7. Район, в якому планується будівництво.

Курсовий проект складається з пояснювальної записки та графічного матеріалу.

В розрахунково-пояснювальній записці наводяться дані з визначення розрахункових витрат окремих категорій споживачів і розрахункові схеми на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання та максимального господарсько-питного водоспоживання і пожежі, наявний розрахунок магістральної водопровідної мережі та її ув'язка, приводяться дані

для побудови п'єзометричної лінії, проводиться деталювання кожного з основних вузлів водопровідної мережі, обґрунтовуються розміри колодязів (вузлових камер) з використанням для будівництва з елементів збірного залізобетону, складається профіль водоводу.

Графічний матеріал складається з генплану міста в масштабі 1:5000 (1:10000) з трасуванням магістральної водопровідної мережі, встановленням основних вузлів магістральної водопровідної мережі, специфікації труб, арматури, фасонних частин, лінії п'єзометричного тиску розрахункової схеми, профілю водоводу.

3.2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

1. Старанно вивчити план та рельєф території міста, для якого проектується магістральна водопровідна мережа.

2. Визначити площу території кварталів, зелених насаджень, вулиць та майданів, а також площу промпідприємства.

3. Використовуючи [3] та розрахункові формули, які наведені у розділі 3.3 даних методичних вказівок, визначити розрахункові витрати води окремих категорії споживачів.

4. Виконати трасування магістральної водопровідної мережі та визначити довжини всіх ділянок мережі. Рекомендується запроектувати 4-5 – кільцеву мережу.

5. Визначити питомі, шляхові витрати мережі, замінити шляхові вузловими витратами згідно вказівок розділу 3.4 методичних вказівок.

6. Скласти розрахункові схеми мережі на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання та максимального господарсько-питного водоспоживання і пожежі.

Показати на схемах мережі стрілками ймовірний напрям руху води на окремих ділянках мережі.

7. Виконати гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі та ув'язку кілець відповідно вказівок розділу 3.5 даних методичних вказівок.

Гідравлічний розрахунок рекомендується виконувати за допомогою комп'ютера.

8. Побудувати лінію п'єзометричного тиску і профіль водоводу.

9. Використовуючи ГОСТи та довідкову літературу виконати деталювання основних вузлів водопровідної мережі і скласти специфікацію. Визначити розміри колодязів (вузлових камер).

3.3. ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Графічну частину проекту виконують на аркушах паперу формату А₄. Графічні зображення, позначення, шрифти, підписів креслень повинні відповідати ЄСКД.

Креслення виконують або олівцем, або за допомогою комп'ютерних програм для креслення (Corel Draw, AutoCad, Компас та інш.)

Пояснювальна записка повинна бути виконана тільки в надрукованому вигляді на аркушах формату А₄, шрифт Times New Roman розміром 14, через 1,5 інтервали, поля: 3 см - зліва, 2 см – зверху та знизу, 1,5 см – справа.

Наприкінці пояснювальної записки наводиться список літератури.

3.4. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ВИТРАТИ ВОДИ ОКРЕМИМИ КАТЕГОРІЯМИ СПОЖИВАЧІВ

Водопровідна мережа и всі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, яку необхідно буде подати місту і промисловим підприємствам протягом доби найбільш можливого споживання під потрібним напором.

Розрізняють наступні характерні витрати води, які відповідають основним категоріям споживачів:

1. Витрата води на господарсько-питні потреби населення міста;
2. Витрата води на комунальні потреби міста;
3. Витрата води для промислових підприємств.

3.4.1. Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

При визначенні витрати води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста за формулою (1.3)

$$N = F \cdot P,$$

де: F - площа частини міста з тією чи іншою щільністю населення, га;

P - щільність населення, чол./га.

Результати підрахунків території житлових кварталів, які попередньо нумерують, зводимо до табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Площа території кварталів міста

№№ кварталів	Площа, га	№№ кварталів	Площа, га
1	2	3	
...
			Всього:

Одночасно визначаємо площу території міста, що зайнята під зеленими насадженнями, площу вулиць, майданів, площу території промислового підприємства:

- площа зелених насаджень _____ га;
- площа вулиць і майданів _____ га;
- площа підприємства (найменування) _____ га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення міста визначають за формулою (1.4)

$$Q_{\text{ср.доб.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу},$$

де: $q_{\text{ж}}$ - норма водоспоживання;

N - кількість населення в місті, чол.

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання – формули (1.5) - (1.10)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = K_{\text{макс.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}, \quad Q_{\text{мін.доб.}} = K_{\text{мін.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}.$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміну водоспоживання за сезонами міста і дням тижня, необхідно приймати рівним

$$K_{\text{макс.доб.}} = 1,1 \div 1,3; \quad K_{\text{мін.доб.}} = 0,7 \div 0,9$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = K_{\text{макс.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \quad Q_{\text{мін.год.}} = K_{\text{мін.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{мін.доб.}}}{24},$$

$$K_{\text{макс.год.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}}, \quad K_{\text{мін.год.}} = \alpha_{\text{мін.}} \cdot \beta_{\text{мін.}},$$

де: α - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймається: $\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$; $\alpha_{\text{мін.}} = 0,4 \div 0,6$;

β - коефіцієнт, що враховує кількість жителів в населеному пункті, що приймається за [1] табл. 2 або за додатком 1, табл. 1.

Максимальний секундна витрата води (формула (1.11))

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

3.4.2. Витрати води на комунальні потреби міста

а) *Витрати води на полив вулиць та майданів*

Максимальна добова витрата (формула (1.12))

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу},$$

де: F - площа вулиць та майданів, що будуть поливатися, м^2 ;

q - норма витрати води на полив, приймається в залежності від типу покриття та способу поливання [3] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливань, приймається в залежності від режиму поливання.

Середня годинна витрата - формула (1.13)

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Максимальна годинна витрата - формула (1.14)

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год.}} \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $K_{\text{год.}}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності витрачання води на поливання; величину його можна приймати для великих міст - 2,0, для малих і середніх міст - 4,0.

Максимальна витрата води – формула (1.15)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

б) *Витрата води на полив зелених насаджень*

Максимальна добова витрата - формула (1.16)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу},$$

де: F_z - площа зелених насаджень, м^2 ;

q_z - норма витрати води на поливання, приймається за [3] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну і максимальну секундну витрати визначають за формулами (1.13), (1.14), (1.15), наведеними вище.

Для наглядності та зручності користування розрахункові витрати води на господарсько-питні та комунальні потреби міста зводимо у вигляді табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати води на господарсько-питні і комунальні потреби міста

№ п/п	Характер витрати води	$Q_{\text{макс.доб.}}, \text{ м}^3/\text{добу}$	$Q_{\text{ср.год.}}, \text{ м}^3/\text{год.}$	$Q_{\text{макс.год.}}, \text{ м}^3/\text{год.}$	$Q_{\text{макс.сек.}}, \text{ л/с.}$
1	2	3	4	5	6
1	Господарсько-питні потреби населення міста				
2	Невраховані витрати				
3	Поливання вулиць та майданів				
4	Поливання зелених насаджень				
Всього:					

У відповідності з приміткою 4 табл. 4 [3] на потреби місцевої промисловості, яка буде обслуговувати населення міста і невраховані витрати приймається додаткова витрата в розмірі 5-10 % від загальної витрати води на господарсько-питні потреби населеного пункту.

3.4.3. Визначення витрати води для промислових підприємств

Ця витрата складається з витрати води на господарсько-питні потреби, витрати води на душові та витрати води на виробничі потреби.

а) Витрати води на господарсько-питні потреби промислового підприємства

Кількість працівників в кожній зміні та розподіл їх по гарячим та холодним цехам приймається за даними технологів промпідприємства. При відсутності цих даних при виконанні курсового проекту може бути прийнятий наступний розподіл працівників по змінам: 1-а зміна – 40-45 % від всієї кількості працівників; 2-а та 3-я зміни – 30-35 % від всієї кількості працівників, а розподіл кількості працівників в гарячих та холодних цехах – в залежності від характеру технологічного процесу промпідприємства. Так, в електротехнічній та машинобудівній промисловості в холодних цехах працює приблизно 80-85 % від загальної кількості працівників, а в гарячих – 15-20 %, в хімічній промисловості відповідно в холодних та гарячих цехах працює приблизно 30-35% та 65-70 % і т.д.

В завданні на курсовий проект вказується загальна кількість працівників на промпідприємстві. Приймавши, по узгодженню з керівником проекту, розподіл працівників за змінами, визначаємо число працівників в максимальній зміні (зазвичай – перша зміна).

Кількість працівників в холодних і гарячих цехах визначаємо для зміни з максимальним числом працівників, виходячи із розподілу їх по гарячим і холодним цехам

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств визначається з виразу (1.17)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = (q_2 \cdot n'_2 + q_x \cdot n'_x) + (q_2 \cdot n''_2 + q_x \cdot n''_x) + (q_2 \cdot n'''_2 + q_x \cdot n'''_x), \text{ л,}$$

де: q_z і q_x - відповідно норми водоспоживання на одного робітника (л за зміну) у цехах зі значними тепловиділеннями (у гарячих цехах) і в інших цехах (холодних цехах), рівні: $q_z = 45$ л і $q_x = 25$ л;

n'_z , n''_z і n'''_z - кількість робітників в першій, другій та третій змінах, що працюють на підприємстві у гарячих цехах;

n'_x , n''_x і n'''_x - кількість робітників в першій, другій та третій змінах, що працюють на підприємстві у холодних цехах.

Підставляючи $q_z = 45$ л і $q_x = 25$ л у попередню рівність (1.17) та виразивши витрату в м^3 , отримаємо (1.18)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,045 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,025 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата води по окремих змінах визначається за формулами (1.19) – (1.21)

$$\text{I зміна } Q'_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'_z + 0,025 \cdot n'_x), \text{ м}^3;$$

$$\text{II зміна } Q''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n''_z + 0,025 \cdot n''_x), \text{ м}^3;$$

$$\text{III зміна } Q'''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'''_z + 0,025 \cdot n'''_x), \text{ м}^3$$

Норми витрати і коефіцієнти нерівномірності споживання води на господарсько-питні потреби промпідприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому максимальну годинну витрату води слід обчислити для всіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін обчислюються за формулами (1.22) – (1.24)

$$\text{I зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n'_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\text{II зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n''_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\text{III зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n'''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'''_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де: K_z і K_x - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах за [3] п. 2.4, $K_z=2,5$, $K_x=3$;

$t_{\text{зм}}$ - тривалість робочої зміни в годинах.

Максимальна секундна витрата води – формула (1.25)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

б) Витрата води на душову на підприємстві

Витрата води на душ залежить від кількості робітників і службовців, які приймають душ в кожній зміні, і характеру виробництва [2].

Максимальна добова витрата води на душові – формула (1.26)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [q'_z(n'_z + n''_z + n'''_z) + q'_x(n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де: n'_z, n''_z, n'''_z - кількість робітників, що працюють з підвищеним ступенем шкідливості або забруднення відповідно в гарячих цехах у першій, другій і третій змінах;

n'_x, n''_x, n'''_x - кількість робітників, які приймають душі в інших цехах відповідно в першій, другій і третій змінах;

q'_z и q'_x - норми витрат води на один душ відповідно в цехах з підвищеним ступенем шкідливості або забруднення та в інших цехах.

Відповідно нормам [2] $q'_z = 45$ л і $q'_x = 25$ л. Підставляючи ці величини у попередню рівність та виразивши витрату в м^3 , отримаємо (1.27)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,45 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,25 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на душі для окремих змін визначається за формулами (1.28) – (1.30):

$$\text{I зміна } Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3;$$

$$\text{II зміна } Q''_{зм} = (0,45 \cdot n''_z + 0,25 \cdot n''_x), \text{ м}^3;$$

$$\text{III зміна } Q'''_{зм} = (0,45 \cdot n'''_z + 0,25 \cdot n'''_x), \text{ м}^3.$$

Витрата води на прийом душу (з розрахунку $q_{\text{д.с.}} = 500$ л на добу, тривалість користування душем $t_{\text{д}} = 45$ хв.) після закінчення зміни розраховуємо за формулою (1.31)

$$Q_{\text{душ.зм.}} = \frac{N_i \cdot q_{\text{д.с.}} \cdot t_{\text{д}}}{n_i \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де: N_i – кількість працюючих, що користуються душем в зміну, з і-ю санітарною характеристикою технологічного процесу;

n_i – розрахункова кількість людей на одну душову сітку в цехах з і-ю санітарною характеристикою технологічного процесу приймається за табл. 3 (додаток 1).

Максимальна годинна витрата води – формула (1.32)

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q'_{зм}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де: $Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3$ – витрата води на душові в I зміну;

0,45 и 0,25 - відповідно норми витрати на один душ в гарячих і холодних цехах, м^3 .

Максимальна секундна витрата води на душові – формула (1.33)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

в) *Витрата води на виробничі потреби пром підприємства*

Витрата води на виробничі потреби пром підприємств визначається за кількістю випущеної продукції і питомою витратою на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби – формула (1.34)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = P \cdot q_{\text{нит}}, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де: P - добова продукція підприємства;

$q_{\text{нит}}$ - середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м^3 .

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби за окремими змінами споживання води приймається рівною протягом всього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює - формула (1.35)

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де t - тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби – формула (1.36)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

3.4.4. Витрата води на пожежегасіння

Розрахункова витрата на зовнішнє пожежегасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверховості будівлі і ступеня їх вогнестійкості, розмірів виробничих будівель, категорій виробництв та інших факторів. Нормами протипожежного проектування встановлюються величини необхідних секундних витрат для гасіння пожеж в населених місцях і на промислових підприємствах, а також кількість одночасних пожеж. Таким чином, максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж визначається як добуток розрахункової секундної витрати, необхідної для гасіння однієї пожежі, на число пожеж (формула (1.37))

$$Q_{\text{пож}}^c = (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с},$$

де: $q_{\text{пож}}$ – розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі приймається для населених пунктів за табл. 5 [3], а для промислових підприємств - за табл. 7 [3], л/с;

$q'_{\text{пож}}$ – розрахункова витрата води на один струмінь для внутрішнього пожежегасіння приймається за табл. 1 [2], л/с;

n – число струменів приймається за табл. 1 [2].

Тривалість пожежі в населених місцях і на підприємствах нормами встановлена $t_n = 3$ год. Виходячи з цього, повна витрата води на гасіння пожежі може бути визначена за формулою (1.38)

$$Q'_{\text{пож}} = t \cdot (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с},$$

де t - розрахункова кількість одночасних пожеж приймається для населеного пункту в табл. 6 [3], а для промислового підприємства - залежно від займаної ним площі: одна пожежа при площі до 150 га, дві пожежі - понад 150 га (формула (1.39))

$$Q_{\text{пож}}^n = 10,8 \cdot Q'_{\text{пож}}, \text{ м}^3.$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 години – формула (1.40)

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} \text{ м}^3.,$$

де: $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ - витрата води на пожежегасіння для населеного пункту, м^3 ;

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$ - витрата води, необхідна для гасіння пожежі на підприємстві, м^3 .

Витрата води на пожежегасіння за 1 годину – формула (1.41)

$$Q_{\text{год.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} \text{ м}^3/\text{год.}$$

Секундна витрата води на пожежегасіння – формула (1.42)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} \text{ л/с.}$$

Визначені розрахункові витрати води окремих категорій споживачів зводяться в зведену таблицю витрат (табл. 3.3), яка наведена нижче.

Таблиця 3.3 - Зведена таблиця витрат води

№ п/п	Характер витрати води	$Q_{\text{ср.год.}},$ $\text{м}^3/\text{год.}$	$Q_{\text{макс.год.}},$ $\text{м}^3/\text{год.}$	$Q_{\text{макс.сек.}},$ л/с.
1	2	3	4	5
1	Господарсько-питні потреби населення міста			
2	Комунальні потреби міста			
3	Невраховані витрати			
4	Витрата води для підприємства			
5	Витрата води на пожежегасіння			
Всього:				

3.5. ТРАСУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ТА СКЛАДАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ

Магістральна водопровідна мережа проектується у вигляді системи 4-5 замкнених кілець, які охоплюють цілі групи кварталів. Кільця розрахункової мережі повинні бути по можливості витягнуті уздовж напрямку течії води, що переважає.

При трасуванні мережі необхідно враховувати подачу води найбільш крупних споживачам найкоротшим шляхом. Недопустимо, щоб магістральні лінії проходили на великій протяжності по незабудованим територіям або по кордонам забудови.

Довжина розрахункових ділянок кілець магістральної мережі знаходиться в межах 400-1000 м і тільки в окремих випадках може досягати 2000 м.

Приклад трасування магістральної водопровідної мережі наведений на рис. 3.1.

Після трасування магістральної водопровідної мережі викреслюємо на міліметровому папері безмасштабну схему її з таким розрахунком, щоб її конструкція відповідала плану магістральної мережі, нанесеному на план міста – рис. 3.2. Потім нумеруємо вузлові точки мережі, проставляємо довжину кожної ділянки між вузловими точками, а також намічаємо місце зосередженої витрати - промпідприємства.



Рис. 3.1 - Трасування магістральної водопровідної мережі

- житлові квартали;
 - зелені насадження;
 - промпідприємство.

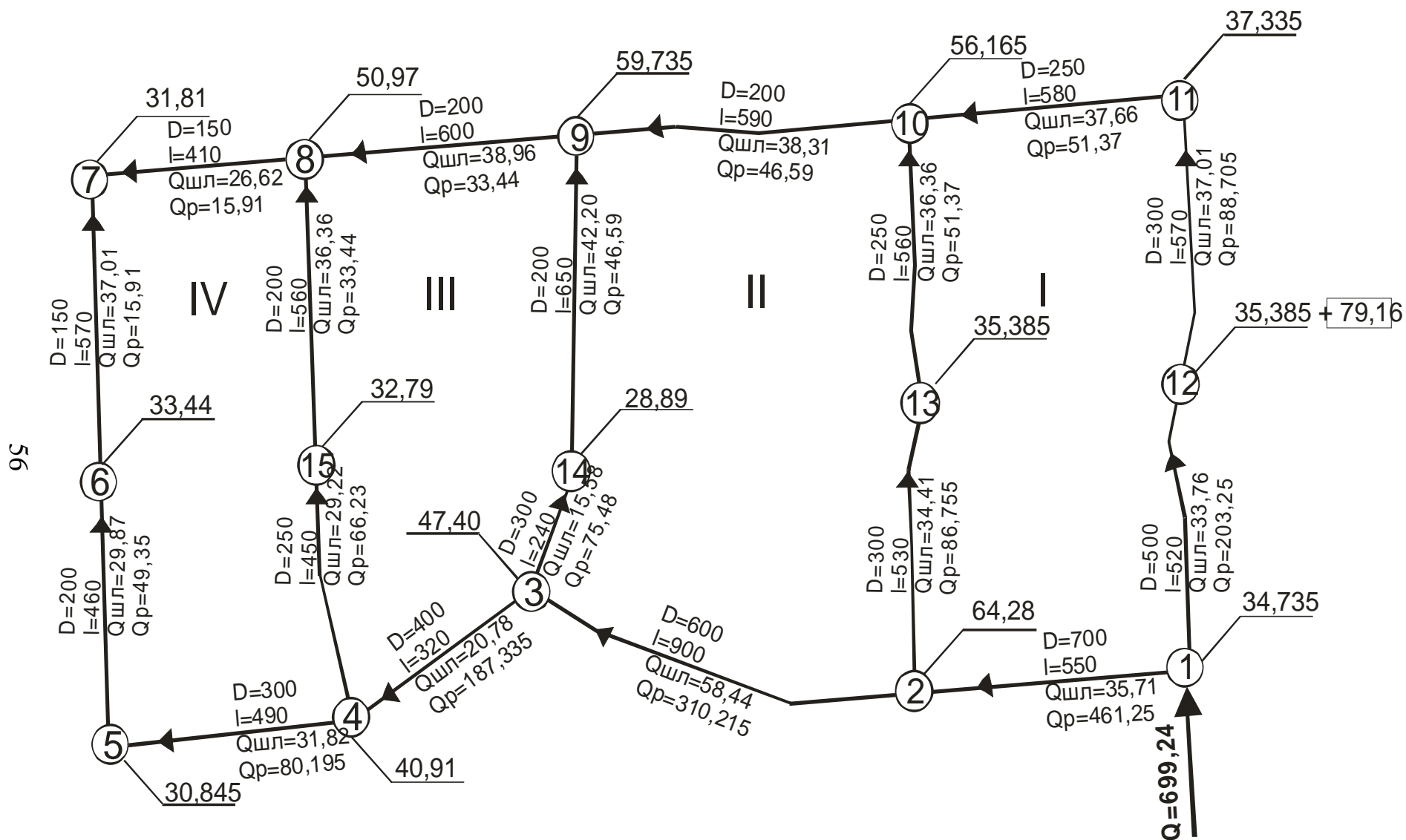


Рис. 3.2 - Розрахункова схема водопровідної мережі

Визначаємо питому витрату води за формулою:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q - q_{\text{зосер}}}{\Sigma l}, \text{ л/с} \quad (3.1)$$

де: Q – загальна секундна витрата, л/с;

$q_{\text{зосер}}$ – витрата води на підприємстві, л/с;

Σl – сумарна довжина ділянок магістральної мережі, м.

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит}} \cdot l, \quad \text{л/с} \quad (3.2)$$

де: $q_{\text{пит}}$ – питома витрата води, л/с;

l – розрахункова довжина ділянки мережі, м.

Сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста $\Sigma Q_{\text{шл}} = Q$, що являється перевіркою правильності розрахованих шляхових витрат.

Розраховані шляхові витрати води окремих ділянок замінюємо вузловими витратами за формулою:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \cdot \Sigma Q_{\text{шл}}, \text{ л/с} \quad (3.3)$$

тобто вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнює напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що примикають до даного вузла.

Правильність розрахованих вузлових витрат перевіряють за формулою:

$$\Sigma q_{\text{вузл}} = \Sigma Q_{\text{шл}} = Q, \text{ л/с.} \quad (3.4)$$

Розраховані шляхові та вузлові витрати виписують на розрахункову схему – рис. 3.2. На розрахунковій схемі вказують діаметри ділянок мережі, а також показують стрілками напрям руху води з метою подачі її найкоротшим шляхом до найбільш віддалених точок мережі, а потім попередньо намічають кількість води, яку повинна пропустити кожна розрахункова ділянка магістральної мережі. При цьому підрахунок слід починати від кінця мережі до її початку, дотримуючи в кожному вузлі баланс витрат води, що надходять до вузла і відходять від нього, тобто $\Sigma Q = 0$.

Для перевірки мережі на пропуск води для гасіння пожежі викреслюють розрахункову схему магістральної водопровідної мережі на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання і пожежі, аналогічну розрахунковій схемі на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання (рис. 3.2). При цьому пожежні витрати намічають в точках, що знаходяться в найбільш несприятливих умовах з точки зору гасіння пожеж.

При перевірці мережі на пропуск води для гасіння пожеж необхідно виконати ув'язку витрат у вузлах мережі, а потім за розрахунковими витратами перевірити діаметри ділянок мережі, які вже являються заданими, тому що були визначені раніше при складанні розрахункової схеми на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання.

Через збільшення витрат швидкості руху води на окремих ділянках будуть більше «економічних», що при гасінні пожеж допускається. Якщо ж

швидкості перевищують 2-2,5 м/с, необхідно збільшити діаметри труб на цих ділянках та знову провести розрахунок мережі на нормальну роботу.

3.6. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КІЛЬЦЕВОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

В основі гідравлічного розрахунку кільцевої водопровідної мережі лежить два наступних закони руху води: перший закон встановлює залежність витрат, що надходять у вузол та виходять з нього. Відповідно до цього закону алгебраїчна сума витрат в кожному вузлі дорівнює нулю: $\sum q = 0$.

Другий закон руху води встановлює залежність між втратами напору в кожному замкненому контурі мережі, тобто алгебраїчна сума втрат напору в кожному замкненому контурі дорівнює нулю: $\sum h_w = 0$.

Практично при розрахунку кільцевої мережі виконують розрахунок таким чином: маючи вузлові витрати та точки живлення мережі, намічають розподіл потоків води по всім ділянкам мережі, дотримуючи для кожного вузла мережі умову $\sum Q_{вузл} = 0$. Розподіл потоків води слід проводити, рухаючись від кінця мережі до її початку.

Далі по наміченим таким чином витратам всіх ділянок підбирають діаметри ділянок мережі, після чого виконують гідравлічний розрахунок мережі, в результаті якого визначають втрати напору і діаметри, що відповідають дійсним витратам ділянок мережі.

Основним факторами, що визначають діаметр ділянки водопровідної мережі, являються розрахункова витрата та швидкість:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad (3.5)$$

де: Q – розрахункова витрата, м³/с;

V – середня економічна швидкість, яка приймається для труб невеликих діаметрів (до 300 мм) – 0,7 - 1,0 м/с, для середніх і великих діаметрів (більше 300 мм) – 1,0 – 1,5 м/с.

Втрати напору за всіма лініями визначаються за формулою:

$$h = S \cdot Q^2, \quad (3.6)$$

$$S = A \cdot K_q \cdot l, \quad (3.7)$$

де: A – питомий опір для водопровідних труб, приймається по [9] в залежності від матеріалу труб;

K_q – поправочний коефіцієнт при швидкостях $V < 1,2$ м/с [9].

Шляхом арифметичного сумування визначають для кожного кільця $\sum SQ^2$ та шляхом алгебраїчного сумування – нев'язки втрат напору в кільцях $\Delta h = SQ^2$. При цьому для підрахунку втрат напору по контуру кільця величину втрати напору вважають позитивною на тій ділянці, де напрям потоку співпадає з ходом годинникової стрілки, і негативною там, де напрям потоку протилежний ходу годинникової стрілки.

Якщо нев'язки втрат напору в окремих кільцях були отримані недопустимими (більшими за 0,5 м), необхідно провести виправлення

попередньо намічених витрат окремих ліній, для чого необхідно знати величину ув'язочної витрати.

Для ув'язки мережі запропоновано багато способів, з яких широке застосування в практичних розрахунках отримав метод проф. В.Г. Лобачова, величина ув'язочної витрати за яким:

$$\Delta q = -\frac{\pm \Delta h}{2\Sigma SQ}, \quad (3.8)$$

де: Δh – нев'язка кільця;

S – опір ділянки;

Q – розрахункова витрата ділянки.

Розрахунок мережі за методом проф. В.Г. Лобачова зводиться в таблицю, яка наведена нижче – табл. 3.4.

При ув'язці кільця водопровідної мережі позитивні ув'язочні витрати повинні додаватися до позитивних витрат ліній та відніматися із негативних витрат, а негативні – навпаки, відповідно цьому ув'язочні витрати виписуються навпроти кожної ділянки кільця із знаком плюс або мінус.

При визначенні ув'язочних витрат ліній, що належать двом суміжним кільцям, необхідно враховувати ув'язочні витрати суміжних кілець: так, якщо $\Delta h > 0$, то Δq повинні бути направлені проти годинникової стрілки.

3.7. ПОБУДОВА ЛІНІЙ П'ЄЗОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ

П'єзометричну лінію зазвичай будують виходячи з величини напору в характерних точках (вузлових точках) – тому п'єзометрична лінія представляє собою максимальну лінію. При побудові п'єзометричної лінії виходять з умови, що в диктуючій точці мережі, тобто в точці, що найбільш віддалена від джерела та має найбільшу позначку, тиск повинен бути не нижче нормативного.

Величину потрібного вільного напору в мережі водопроводу населених пунктів розраховують виходячи в наступних умовах: 10 м приймається на перший поверх та по 4 м на кожний наступний поверх:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(n - 1), \quad (3.9)$$

де n – кількість поверхів.

Розрахунки, які пов'язані з побудовою лінії п'єзометричного тиску, оформлюють в спеціальну таблицю, приклад якої наведений нижче (табл. 3.5).

Номера вузлових точок, номери ділянок мережі, довжину їх приймаємо за планом трасування водопровідної мережі. Втрати напору приймаємо відповідно до гідравлічного розрахунку. Позначки поверхні землі – відповідно до генплану.

Таблиця 3.4 – Розрахунок мережі за методом проф. В.Г. Лобачова

№ кілець	№ ділянок	Довжина ділянки, м	Попередній розподіл витрат							1 виправлення				2 виправлення			
			Q, л/с	D, мм	V, м/с	K _ч	$S = A \cdot K_{ч} \cdot l \cdot 10^{-3}$	$h = SQ^2$	SQ	Ув'язочна витрата, Δq , л/с	Q, л/с	SQ	$h = SQ^2$	Ув'язочна витрата, Δq , л/с	Q, л/с	SQ	$h = SQ^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
										$\Delta q_1 = -\frac{\pm \Delta h_I}{\Sigma SQ_I}$		ΣSQ_I	Σh_I	$\Delta q_2 = -\frac{\pm \Delta h_{II}}{\Sigma SQ_{II}}$		ΣSQ_{II}	Σh_{II}

Таблиця 3.5 – Побудова п'єзометричної лінії

№ точок	№ ділянки	Довжина ділянки, м	Втрати напору, м	Вільний напір, м	Позначки поверхні землі, м	П'єзометричні позначки, м	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8

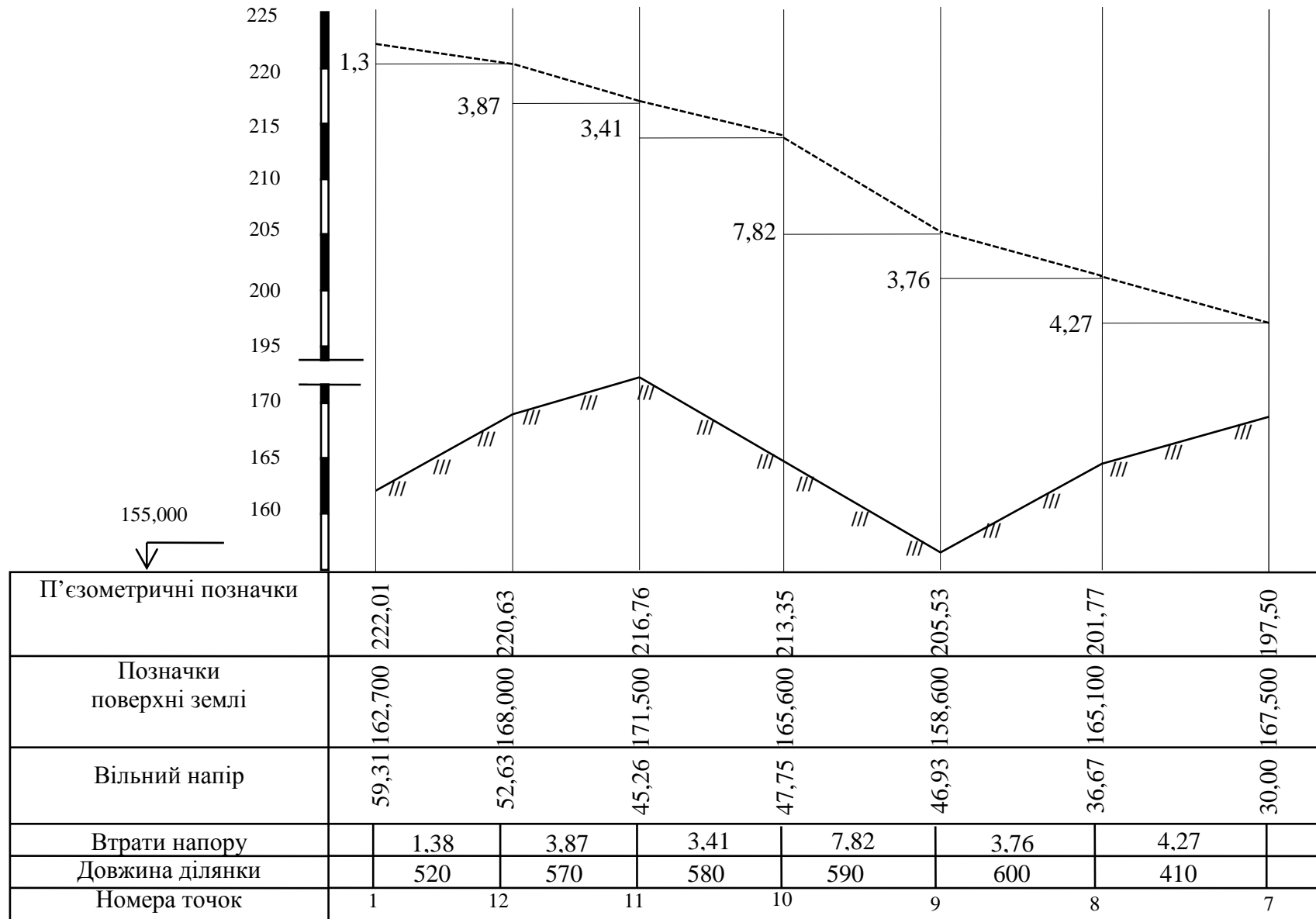


Рис. 3.3 - Лінія п'єзометричного тиску. M_z 1:10000. M_g 1:200.

Побудову п'єзометричної лінії починають з вибору на генплані диктуючої точки, вільний напір якої дорівнює розрахованому потрібному напору в залежності від поверховості забудови. П'єзометрична позначка кожної наступної точки дорівнює п'єзометричній позначці попередньої точки плюс втрати напору на ділянці між цими вузловими точками. Вільний напір наступної (після диктуючої) точки дорівнює різниці між п'єзометричною позначкою попередньої точки та позначкою поверхні землі.

На основі розрахованих даних табл. 3.5 проводиться побудова лінії п'єзометричного тиску, приклад якої наведений на рис. 3.3.

3.8. ДЕТАЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Після розрахунку магістральних ліній водопровідної мережі проводять деталювання основних вузлів її, тобто складають монтажну схему мережі. Розраховану магістральну водопровідну мережу проектуємо з чавунних водопровідних розтрубних труб.

При деталюванні мережі показують з використанням умовних позначень труби, фасонні частини, водорозбірну, запобіжну, регулюючу та запірну арматуру. При цьому засувки слід розміщувати таким чином, щоб можна було виключати окремі ділянки мережі без порушення подачі води споживачам. Для з'єднання фланцевих засувок та іншої фланцевої арматури з розтрубними трубами слід застосовувати патрубок – фланець – розтруб та патрубок – фланець – гладкий кінець.

При деталюванні мережі слід використовувати ГОСТ на труби та фасонні частини або довідникову літературу, наприклад «Довідник по трубам, арматурі та обладнанню водопровідно-каналізаційних споруд» А.С. Москвітін, Н.Ф. Мосягін – М., 1988 р. та інш.

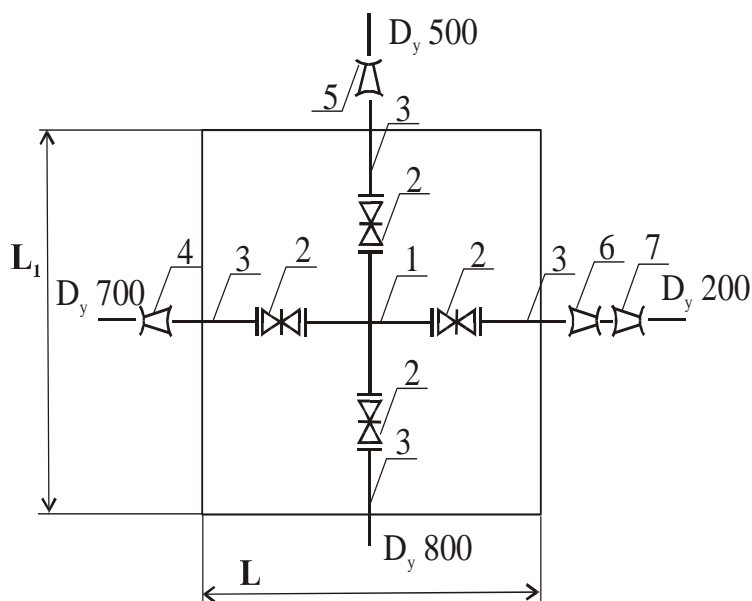
В додатках 3-10 наведені розміри та маса чавунних розтрубних труб, хрестів, трійників, переходів, патрубків, подвійних розтрубів та засувок.

При визначенні розмірів колодязів в плані слід враховувати розміри арматури, що встановлюється в колодязі, і мінімально допустимої відстані між стінками труб та стінками колодязів та інш.: так, відстань до внутрішньої стінки колодязя від стінки труби повинна бути для $d = 400$ мм – 0,3 м, для $d = 450-800$ мм – 0,5 м, $d > 800$ мм – 0,7 м; відстань від стін та покриття до маховика засувки повинна бути не менше 0,25-0,5 м.

Розрізняють колодязі круглі та прямокутні. При виборі розмірів колодязів доцільно користуватися типовими проектами збірних залізобетонних водопровідних колодязів. Типові рішення круглих колодязів з внутрішніми розмірами 700, 1000, 1250, 1500 та 2000 мм; прямокутні колодязі розроблені зі збірних залізобетонних елементів з розмірами у плані 1500×2000, 1500×2500, 2000×2000, 2000×2500, 2500×2500 мм.

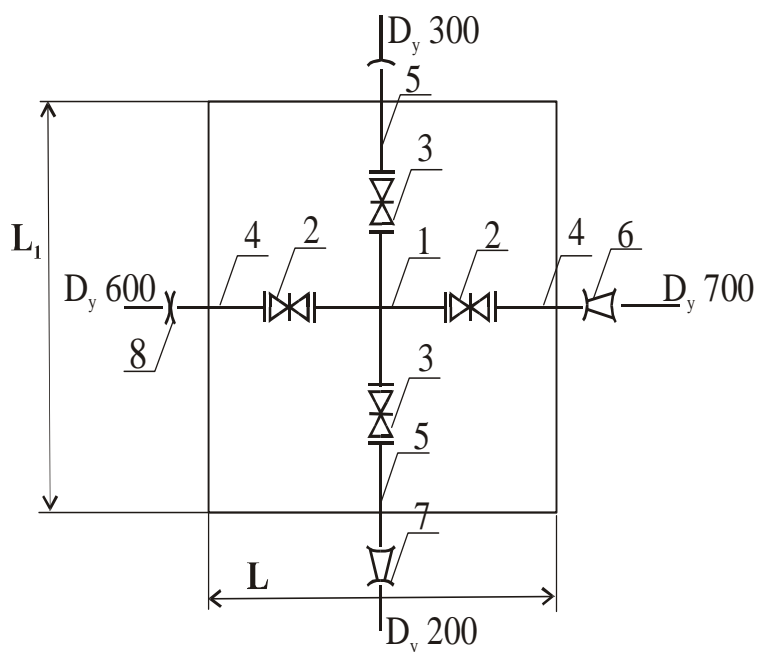
Якщо розрахункові розміри колодязів більше розмірів типових колодязів, то останні можна приймати з цегли: при цьому розміри колодязів повинні бути кратними $\frac{1}{2}$ цеглини.

Приклад визначення розмірів колодязя водопровідної мережі та деталювання окремих вузлів приведений нижче:



БК 1

1. КФ 800×800 L=700; $L_1=700$.
 2. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$; $D_y 800$; L=1000.
 3. ПФГ 800; L=1200.
 4. ХР 800×300; L=400.
 5. ХР 800×500; L=800.
 6. ХР 800×400; L=1000.
 7. ХР 400×200; L=550.
- $L=500+10+1000+10+700+700+10+1000+10+500=4440 \text{ мм.}$
 $L_1=500+10+1000+10+700+700+10+1000+10+500=4440 \text{ мм.}$
 Приймаємо $L=4500 \text{ мм}$, $L_1=4500 \text{ мм}$.



БК 2

1. КФ 600×300 L=400; $L_1=475$.
 2. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$; $D_y 600$; L=800.
 3. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$; $D_y 300$; L=750.
 4. ПФГ 600; L=1200.
 5. ПФГ 300; L=1200.
 6. ХР 700×600; L=400.
 7. ХР 300×200; L=350.
 8. ДР 600; L=260.
- $L=500+10+800+10+400+400+10+800+10+500=3440 \text{ мм.}$
 $L_1=300+10+750+10+475+475+10+750+10+300=3090 \text{ мм.}$
 Приймаємо $L=3500 \text{ мм}$, $L_1=3250 \text{ мм}$.

3.9. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ ВОДОВОДУ

Глибина закладення водоводів та водопровідних мереж повинна забезпечувати їх нормальну роботу в зимовий період, виключити можливість недопустимого нагрівання води влітку, а також ушкодження труб зовнішніми навантаженнями (транспортом та інш.).

Глибина закладення труб, розраховуючи від низу, повинна бути на 0,5 м більше розрахункової глибини проникання в ґрунт нульової температури.

Водоводі та водопровідні мережі потрібно укласти з похилом не менше 0,001 за напрямком до випуску, при плоскому рельєфі місцевості похил допускається зменшити до 0,005. приклад побудови профілю водоводу наведений на рис. 3.4.

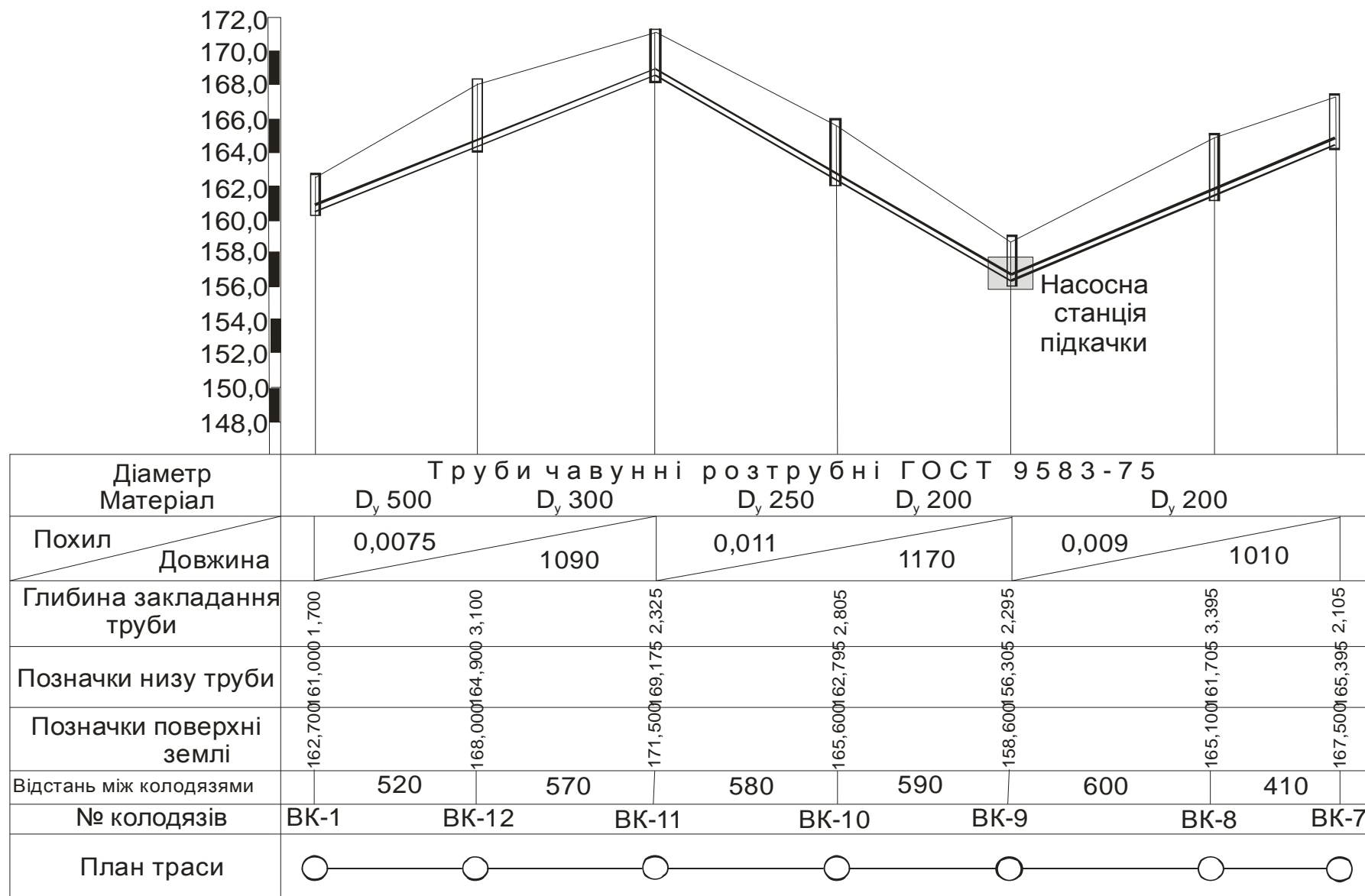


Рис. 3.4 – Профіль водоводу. $M_c 1:10000$, $M_g 1:100$

4. САМОСТІЙНА РОБОТА

ЗМ 1.1. СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЯК КОМПЛЕКС ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Тема 1. *Вступ. Основні задачі курсу. Водогосподарчий баланс, його складання.*

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення системи водопостачання як комплексу інженерних споруд та наведіть основні її складові?
2. Наведіть основні задачі системи водопостачання населеного пункту?
3. Дайте визначення водогосподарського балансу, назвіть основну мету його складання?
4. Водогосподарський баланс підприємства, особливості його складання.
5. Водогосподарський баланс населеного пункту, особливості його складання.

Тема 2. *Характеристика систем водопостачання як комплексу інженерних споруд.*

Питання для самоконтролю

1. Які елементи може включати в себе система водопостачання населеного пункту?
2. Коли доцільно об'єднувати системи водопостачання?
3. В яких випадках виникає необхідність додаткових насосних станцій по трасі водоводу?
4. Які з водоводів (районні, групові або місцеві) мають, як правило, найбільшу продуктивність, а які найменшу?
5. Яка мінімальна кількість насосних станцій може бути при підземному і поверхневому джерелах водопостачання?

Тема 3. *Класифікація систем водопостачання.*

Питання для самоконтролю

1. За якими ознаками класифікують системи водопостачання населених пунктів?
2. Опишіть вимоги для систем водопостачання з різним ступенем забезпеченості подачі води?
3. Які варіанти схем водопостачання населеного пункту з поверхневих джерел існують?
4. Які варіанти схем водопостачання населеного пункту з підземних джерел існують?

Тема 4. *Джерела водопостачання, їх характеристика*

Питання для самоконтролю

1. Що відноситься до джерел водопостачання?
2. Які основні вимоги пред'являються до джерел водопостачання населених пунктів?
3. Де якість води стабільна – в підземних або поверхневих джерелах і чому?
4. Які джерела – поверхневі чи підземні – краще захищені від антропогенного впливу?

Тема 5. Зони санітарної охорони джерел водопостачання, призначення їх.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основне призначення зон санітарної охорони джерел водопостачання?
2. Які наслідки буде мати забруднення поверхневих джерел водопостачання недостатньо очищеними стічними водами?
3. Які заходи та процеси необхідно приймати задля запобігання проникненню у підземні джерела шкідливих та таких речовин, що можна встановити тільки через значний проміжок часу?
4. Які заходи з охорони вод відносяться до профілактичних заходів, а які до заходів з усунення несприятливого впливу господарської діяльності на стан водних об'єктів?

Тема 6. Споруди для забору води, конструктивні особливості та їх типи.

Питання для самоконтролю

1. Як класифікують водозабірні споруди?
2. У чому специфіка водозабірних споруд із поверхневих джерел?
3. Як проводиться вибір типу та місця розташування водозабору?
4. Наведіть схеми та дайте характеристику берегових та руслових водозаборів роздільного та суміщеного типів?
5. Назвіть основне призначення та особливості конструкції сміттеутримуючих решіток, плоских та обертових сіток?
6. У чому полягає сутність розрахунку водозабірних споруд із поверхневих джерел?
7. Наведіть характеристику водозаборів підземних вод та умови їх використання?
8. Дайте характеристику водозабірних споруд з водосховищ, морів, каналів?
9. Які ви знаєте типи фільтрів водозабірних свердловин та в чому полягає їх розрахунок?
10. Назвіть особливості каптажних споруд?
11. Опишіть основні схеми горизонтальних водозаборів підземних вод?
12. Опишіть основні схеми променевих водозаборів підземних вод?
13. Як відбувається штучне поповнення підземних вод?

Тема 7. Водоспоживання населених пунктів.

Побудова сумарного графіку водоспоживання та визначення розрахункових витрат води водопроводу, який проектується.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте основних водоспоживачів населених міст?
2. Назвіть режими водоспоживання. Наведіть добовий графік водоспоживання та інтегральну криву водоспоживання?
3. Що таке питомі витрати води, як вони визначаються?
4. Як визначаються добові, годинні, секундні та річні розрахункові витрати?
5. Що таке вільні, дійсні та потрібні напори в мережі?

ЗМ 1.2. ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, ЇЇ ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК

Тема 8. Режим роботи водопровідних споруд

Питання для самоконтролю

1. Яким вимогам має відповідати водопровідна мережа?
2. На які розрахункові випадки проводиться розрахунок водопровідної мережі та основних споруд системи водопостачання?
3. Назвіть основні недоліки та переваги кільцевої та тупикової водопровідної мережі?
4. Наведіть класифікацію ділянок водопровідної мережі?
5. Назвіть умови, при дотриманні яких допускається проектувати тупикові водопровідні мережі?

Тема 9. Зонні системи водопостачання.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть основні схеми зонування водопровідної мережі?
2. Дайте порівняльний аналіз паралельного та послідовного зонування?
3. Чи проводять зонування мережі при вільних напорах менше 60 м? Які переваги воно може надати?
4. В чому полягають основні недоліки зонування водопровідних мереж?

Тема 10. Водопровідна мережа, її трасування.

Питання для самоконтролю

1. Як необхідно виконувати трасування магістральних мереж?
2. Від чого залежить нарис водопровідної мережі у плані?
3. Як необхідно виконувати трасування розподільчих мереж?
4. Наведіть основні вимоги до розташування водопровідної мережі поряд з різними об'єктами (фундаментами будівель, огорожень, опор зв'язку та інш.)?
5. Наведіть основні вимоги до розташування водопровідної мережі поряд з іншими інженерними мережами?

Тема 11. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає гідравлічний розрахунок водопровідної мережі?
2. Назвіть мету та порядок проведення гідравлічного розрахунку водопровідної мережі?
3. На які розрахункові випадки виконується гідравлічний розрахунок?
4. Визначення шляхової, вузлової та розрахункової витрати?
5. Наведіть основні принципи попереднього потокорозподілу?
6. Яка точка мережі називається диктуючою? Як визначити її розташування?
7. Наведіть основи розрахунку п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах водопровідної мережі?
8. Назвіть методи ув'язки водопровідної мережі?
9. Для чого проводиться перевірка роботи мережі при виникненні пожежі або аварії?

Тема 12. Обладнання водопровідної мережі.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні види труб, що використовуються в системах водопостачання, дайте їх характеристики?
2. Наведіть основні переваги та недоліки чавунних труб, способи їх поєднання?
3. Наведіть основні переваги та недоліки сталевих труб, способи їх поєднання?
4. У чому полягає захист металевих трубопроводів від зовнішньої та внутрішньої корозії?
5. Наведіть основні переваги та недоліки азбестоцементних та залізобетонних труб, способи їх поєднання?
6. Наведіть основні переваги та недоліки пластмасових труб, способи їх поєднання?

Тема 13. Арматура та споруди на мережі.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію засувок та поворотних затворів?
2. Опишіть схему розташування запірної арматури на міській водопровідній мережі?
3. Назвіть основні типи попереджувальної арматури, її основне призначення?
4. Назвіть джерела потрапляння повітря у трубопроводи та правила розташування вантузів, випусків?
5. Назвіть основне призначення та правила розташування пожежних гідрантів?
6. Які типи колодязів використовують на водопровідній мережі, їх основне призначення?
7. Наведіть основні способи переходу водопровідних ліній через автомобільні дороги та залізницю?
8. Як виконують перетин водоводів з водними перепонами? Схема устрою дюкеру?

ЗМ 1.3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ТА ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Тема 14. Регулюючі та запасні ємності.

Питання для самоконтролю

1. Які споруди відносяться до напірних та безнапірних ємностей?
2. З якою метою в системах водопостачання використовують водонапірні башти?
3. Охарактеризуйте основне призначення резервуарів чистої води (РЧВ)?
4. Для чого необхідний регулюючий об'єм води?
5. Як визначити регулюючий об'єм води?
6. Як визначити протипожежний об'єм води у водонапірній башті?
7. Як визначити протипожежний об'єм води у РЧВ?
8. З яких основних елементів складається водонапірна башта?
9. Які потреби покриває аварійний запас води в резервуарах?
10. Як обрати місце розташування водонапірної башти в системі водопостачання?

11. Яке основне обладнання повинно бути передбачено при будівництві водонапірної башти та РЧВ?
12. З яких матеріалів зазвичай виконують водонапірні башти та РЧВ?
13. Наведіть основні типи і схеми гідропневматичних установок?

Тема 15. Споруди для транспортування води. Особливості гідравлічного розрахунку відкритих каналів.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні види систем транспортування води на територію об'єкту, в який буде постачатися вода?
2. Від яких факторів залежить тип споруд, які будуть транспортувати воду від природного джерела до споживача?
3. Яким вимогам повинні відповідати споруди для транспортування води споживачам?
4. Назвіть сфери застосування гравітаційних (самопливних) водоводів, їх переваги та недоліки?
5. Назвіть сфери застосування відкритих та закритих каналів для транспортування води, їх переваги та недоліки?

Тема 16. Особливості улаштування дворової та внутрішньо квартальної водопровідної мережі.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть особливості улаштування дворової водопровідної мережі.
2. Назвіть особливості улаштування внутрішньо квартальної водопровідної мережі.

Тема 17. Принципи техніко-економічного розрахунку водопровідної мережі.

Питання для самоконтролю

1. Які основні задачі вирішуються при техніко-економічному розрахунку систем подачі та розподілу води?
2. Наведіть основні методи техніко-економічного розрахунку мереж при заданих значеннях витрати в лініях мережі?
3. Як використовується техніко-економічний розрахунок в проектуванні систем подачі та розподілу води?
4. Який діаметр трубопроводу являється економічно найвигіднішим?

Тема 18. Досягнення науки та техніки в галузі розвитку проектування та устрою водопровідних мереж.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть прізвища сучасних винахідників в галузі проектування та будівництва систем і споруд водопостачання, їх основні досягнення?
2. Назвіть основні досягнення сучасності в регулюванні роботи насосних станцій з метою зниження енергоспоживання?
3. Назвіть екологічно безпечні технології підготовки питної води, в чому їх переваги?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. – К., 2001. - 303 с.
2. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.
3. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
4. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
5. Найманов А.Я. и др. Водоснабжение. – Донецк: Норд-пресс, 2004. – 649 с.
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник для вузів. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429 с.
7. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2003.– 288 с.
8. Николадзе Г.И. Коммунальное водоснабжение и канализация. М.: Стройиздат, 1983. – 421с.
9. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973. – 112 с.
10. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры водозаборных скважин. – М.: Недра, 1985.
11. Сафонов Н.А., Ильин В.Г., Краснощеков Г.М. Буровое дело. – М.: Агропромиздат, 1987.

Таблиця 1 - Норми водоспоживання для міст та селищ

Характер обладнання санітарно-технічними пристроями							Водоспоживання на одного мешканця, л/добу				
							середньодобова (за рік)				
Внутрішній водопровід, каналізація та централізоване гаряче водопостачання							230 - 350				
Внутрішній водопровід, каналізація та ванни з газовими колонками							160 - 230				
Внутрішній водопровід і каналізація без ванн							125 - 160				
Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності											
Кількість мешканців, тис. чол.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більш
$\beta_{\text{макс.}}$	2	1 8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\text{мін.}}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Таблиця 2 – Витрата води на полив

Призначення води	Вимірювач	Витрати води на полив, л/м ²
Механізована мийка удосконаленого покриття проїздів та площ	1 мийка	1,2-1,5
Механізований полив удосконаленого покриття проїздів та площ	1 поливка	0,3-0,4
Полив вручну (із шлангів) удосконаленого покриття тротуарів і проїздів	Теж	0,4 - 0,5
Поливання міських зелених насаджень	«	3-4
Поливання газонів та квітників	»	4-6

Таблиця 3- Розрахункова кількість людей на одну душову сітку

Група виробничих процесів	Санітарні характеристики виробничих процесів	Кількість людей, які миються на одну душову сітку
I	а) Які не викликають забруднення одягу та рук	15
	б) Які викликають забруднення одягу та рук	7
II	в) З виділенням великої кількості пилу або особливо забруднених речовин	3
	г) З додатковою потребою води	5

Таблиця 4 – Витрата води на зовнішнє пожежегасіння та розрахункова кількість одночасних пожеж

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежегасіння у населених пунктах, л/с	
		Забудова будинками висотою до 2-х поверхів незалежно від їх ступені вогнестійкості	Забудова будинками висотою 3-и поверхи та вище незалежно від їх ступені вогнестійкості
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80
600	3	-	85
700	3	-	90
800	3	-	95
1000	3	-	100
2000	4	-	100

ДОДАТОК 2

Завданням на контрольну роботу передбачено рішення задач за варіантами, номери яких вказані в таблиці

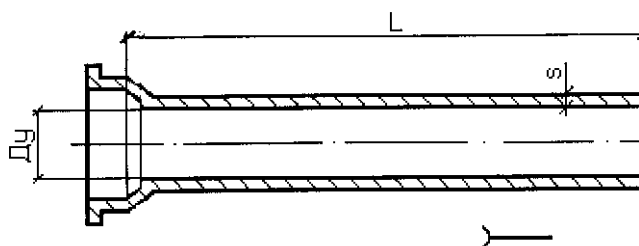
Номера задач	Номера варіантів																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>По розділу 1.1</i>																									
1	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5
3	4	5	1	2	3	3	5	2	4	1	2	3	2	3	5	5	1	4	4	4	1	2	3	5	1
4	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	1	3	4	1	1	2	2	5	5	2	3	4	3	4
5	2	3	4	5	1	5	2	4	1	3	1	5	5	1	2	4	2	1	2	3	3	4	3	4	5
6	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	2	3	4	5	4	3	4	5	3	1	4	5	1	1	3
7	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	1	4	5	4	3	4	5	3	1	5	3	2	4	2	2
<i>По розділу 1.2</i>																									
1	5	3	1	4	2	5	3	1	2	3	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	4	5	1	4	2
2	5	5	5	1	5	3	1	3	3	4	4	2	5	4	1	2	3	4	2	4	5	1	2	3	1
3	1	3	1	4	1	5	2	2	4	5	3	1	4	5	2	4	4	5	3	3	1	2	3	2	5
4	4	4	2	5	2	1	3	5	5	1	2	5	3	3	3	5	2	1	4	1	2	3	4	1	4
5	5	3	3	2	2	2	5	1	1	2	1	4	2	4	4	3	1	4	1	5	3	4	5	5	3
6	3	1	4	3	4	4	4	2	2	3	5	3	1	1	5	1	5	3	5	3	4	5	1	4	2
7	2	4	3	1	5	3	5	1	3	4	4	2	5	2	2	5	3	4	4	4	5	1	2	3	1

**Завданням на контрольну роботу передбачено написати відповіді на теоретичні питання
Розділу 4 за варіантами, номери яких вказані в таблиці**

Номера задач	Номера варіантів																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	5	4	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	2	-	-	-
6	13	11	9	10	8	7	5	6	4	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	4	3	2	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	3	2	-
10	1	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
11	-	-	-	-	1	6	7	8	9	4	3	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	5	4	3	2	-	-	-	-	-	-
13	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	5	4	3	2
14	-	-	1	6	8	9	4	3	2	5	7	10	12	13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	2	3	4	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-
17	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4
18	-	1	3	2	2	3	1	2	3	1	1	2	1	2	2	3	3	1	2	3	3	1	2	2	3

ДОДАТОК 3

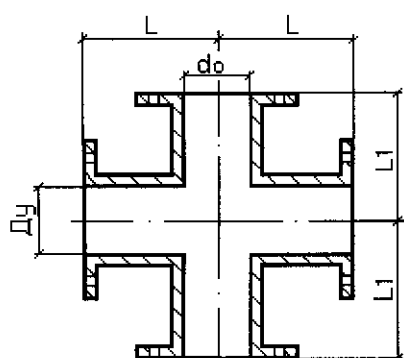
Розміри, маса чавунних розтрубних труб (ГОСТ 9583-75).



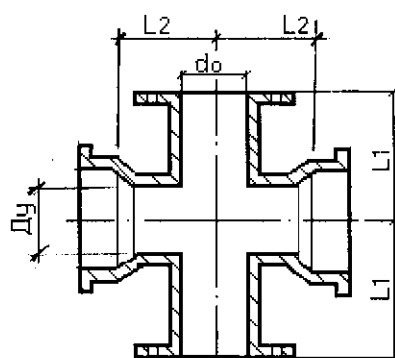
Умовний прохід Ду, мм	Товщина стінок труб, S, мм			Маса 1 метру труби, кг			Маса розтруба, кг	Довжина труби, L, м
	ЛА	А	Б	ЛА	А	Б		
65	6,7	7,4	8	11,3	12,4	13,3	4,1	2,3,4,5
80	7,2	7,9	8,6	14,9	16,2	17,5	4,9	2,3,4,5
100	7,5	8,3	9	18,9	20,8	22,6	6,3	3,4,5,6
125	7,9	8,7	9,5	24,5	26,8	29,1	7,8	3,4,5,6
150	8,3	9,2	10	30,5	33,7	36,4	10,2	3,4,5,6
200	9,2	10,1	11	44,6	48,8	52,9	14,6	4,5,6
250	10	11	12	60,1	65,9	71,6	20	4,5,6
300	10,8	11,9	13	77,6	85,2	92,7	26	4,5,6
350	11,7	12,8	14	97,6	103,5	116,1	31,9	4,5,6
400	12,5	13,8	15	118,5	130,5	141,4	40,9	4,5,6,7,8,9,10
450	13,5	14,7	16	130,5	157,5	169,2	49,9	4,5,6,7,8,9,10
500	14,2	15,6	17	167,5	183,5	199,4	59,6	4,5,6,7,8,9,10
600	15,8	17,4	19	229	244,8	266,4	79,5	4,5,6,7,8,9,10
700	17,5	19,3	21	287,2	316	342,9	102	4,5,6
800	19,2	21,1	23	359,8	394,6	429	136	4,5,6
900	20,8	22,9	25	437,8	480,9	523,9	174	4,5,6
1000	22,5	21,8	27	525,6	578	627,9	222	4,5,6

ДОДАТОК 4

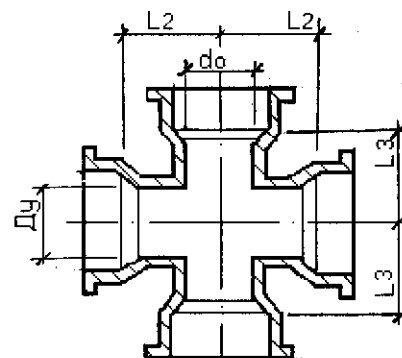
Розміри, маса чавунних хрестів (ГОСТ 18599-83)



Крест фланцевый
(КФ)



Крест раструб-фланец
(КРФ)



Крест раструбный
(КР)

Діаметр умовного проходу, мм		КФ	КРФ	КР	L	L1	L2	L3
Ствола Ду	Відгалуження d _o	Маса, кг			мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	15,1	18	19	125	125	100	100
75	50	21,5	23,6	25,6	150	150	125	100
	75	25,1	27,3	30,1	150	150	125	125
100	50	26	28,7	31,3	200	150	125	125
	75	31	34,6	35	200	175	125	125
	100	33,3	37,7	38,2	200	200	150	150
125	50	34,4	34,5	36	225	175	125	125
	75	36,6	40,2	42,5	225	175	150	150
	100	39,9	41,6	49	225	175	150	150
	125	47,4	52,3	55,5	225	225	200	200
150	50	42,1	43,4	45,6	250	200	125	150
	75	46,7	47,8	50,1	250	200	150	150
	100	48,2	49,8	54,9	250	200	150	150
	125	52,2	57,5	62,8	250	200	200	200
	150	59,9	64,9	69	250	200	200	200
200	50	64,5	55,4	58	300	225	125	200
	75	69,7	63,1	65	300	225	150	200
	100	71,7	70,4	75,4	300	225	200	200
	125	75,2	74,5	79,4	300	225	200	200
	200	78,5	77,8	84,5	300	225	200	200
	250	96,3	101	106	300	300	250	250
250	75	88,2	80	81,3	300	250	150	200
	100	89,5	89,6	93,8	300	250	200	200
	125	93,6	93,7	100	300	250	200	250
	150	95,3	98,8	106	300	250	200	250
	200	100	116	125	300	275	250	250
	250	121	124	137	300	300	250	250
300	75	106	101	104	300	275	150	250
	100	107	114	119	300	275	200	250
	125	111	118	122	300	275	200	250
	150	114	121	126	300	275	200	250
	200	126	142	148	300	300	250	250
	250	131	150	158	300	300	250	250
	300	139	167	194	300	300	300	300
350	100	132	142	146	300	300	200	250
	125	136	146	152	300	300	200	300
	150	138	149	158	300	300	200	300
	200	150	173	181	300	300	250	300
	250	158	181	193	300	305	250	300
	300	177	199	221	350	305	300	300
	350	217	217	250	350	350	300	300

Продовження табл.

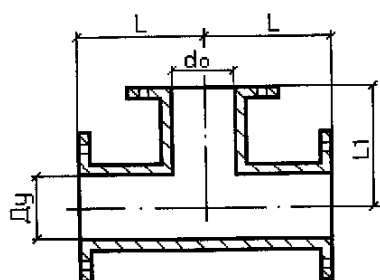
1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	100	159	168	173	300	325	200	300
	125	163	172	177	300	325	200	300
	150	166	191	198	300	325	250	300
	200	177	202	207	300	350	250	300
	250	184	207	220	300	350	250	300
	300	219	230	250	400	350	300	300
	350	237	218	277	400	375	300	300
	400	259	284	309	400	400	300	350
450	100	181	201	205	300	350	200	300
	125	185	205	211	300	350	200	350
	150	188	226	245	300	350	250	350
	200	199	237	245	300	375	250	350
	250	205	244	247	300	375	250	350
	300	257	273	280	400	400	300	350
	350	266	295	307	400	400	300	350
	400	278	334	359	400	400	400	350
	450	320	358	397	450	450	400	400
500	100	212	235	239	300	375	200	350
	125	216	238	242	300	375	200	350
	150	219	263	269	300	375	250	350
	200	228	272	278	300	400	250	350
	250	279	280	289	400	400	250	350
	300	289	311	320	400	425	300	350
	350	300	322	351	400	425	300	400
600	400	312	378	411	400	425	400	400
	450	370	392	430	500	450	400	400
	500	405	422	448	500	500	400	400
	150	293	359	363	300	450	250	400
	200	299	366	370	300	450	250	400
	250	365	401	409	400	450	300	400
	300	374	410	421	400	475	300	400
	350	384	481	502	400	475	400	450
	400	395	492	525	400	475	400	450
	450	467	504	542	500	500	400	450
	500	478	515	559	500	500	400	450
	600	564	600	636	550	550	450	450
700	150	464	475	479	400	500	250	450
	200	471	481	486	400	500	250	450
	250	475	527	534	400	500	300	450
	300	482	533	544	400	525	300	450
	350	489	622	638	400	525	400	500
	400	579	630	663	500	525	400	500
	450	590	642	680	500	550	400	500
	500	599	650	694	500	550	400	500
	600	700	752	819	600	550	500	500
	700	767	859	910	600	600	550	550

Продовження табл.

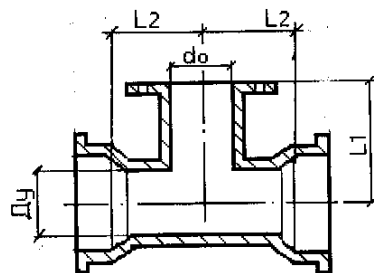
1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	200	598	669	672	400	550	300	500
	250	600	671	675	400	550	300	500
	300	603	675	686	400	575	300	550
	350	721	786	801	500	575	400	550
	400	723	788	806	500	575	400	550
	450	726	791	812	500	600	400	550
	500	729	903	927	600	600	550	550
	600	961	912	947	700	625	550	550
	700	976	981	1081	700	625	600	550
	800	1039	1104	1142	700	700	600	600
900	200	732	846	847	400	600	300	550
	250	737	851	850	400	625	300	550
	300	738	851	862	400	625	300	600
	350	875	988	942	500	625	400	600
	400	881	996	1006	500	650	400	600
	450	880	994	1012	500	650	400	600
	500	881	1129	1151	500	650	500	600
	600	1160	1138	1164	700	675	500	600
	700	1182	1296	1321	700	675	600	600
	800	1206	1320	1352	700	700	600	600
	900	1317	1431	1487	750	750	650	650
1000	250	1083	1241	1246	500	675	400	600
	300	1083	1241	1250	500	675	400	650
	350	1085	1242	1256	500	675	400	650
	400	1092	1250	1260	500	700	400	650
	450	1089	1247	1264	500	700	400	650
	500	1423	1413	1434	700	700	500	650
	600	1430	1470	1446	700	725	500	650
	700	1448	1611	1692	700	750	600	650
	800	1663	1658	1682	700	800	600	700
	900	1675	1833	1891	800	800	700	700
	1000	1704	1862	1935	800	800	700	700

ДОДАТОК 5

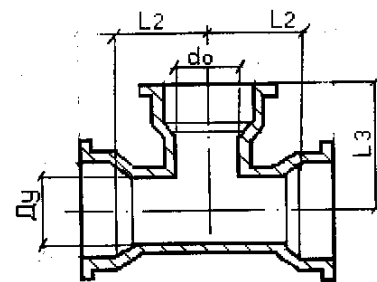
Розміри, маса чавунних трійників
(ГОСТ 18599-83)



Тройник фланцевый
(ТФ)



Тройник раструб-фланец
(ТРФ)



Тройник раструбный
(ТР)

Діаметр умовного проходу, мм		ТФ	ТРФ	ТР	L	L1	L2	L3
Ствола Ду	Відгалуження d ₀	Маса, кг			мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	11,8	14,4	14,6	125	125	100	100
75	50	17,7	19,9	20,9	150	150	125	100
	75	19,2	21,7	23,1	150	150	125	125
100	50	22,4	25,1	26,4	200	150	125	125
	75	25	27,7	28,3	200	175	125	125
	100	26,5	30,2	32,8	200	200	150	150
125	50	30,7	30,8	31,5	225	175	125	125
	75	32,7	31,4	35,3	225	175	150	150
	100	33,5	35,1	37,4	225	175	150	150
	125	37,2	42,1	44,4	225	225	200	200
150	50	38,5	37,6	38,5	250	200	125	150
	75	40,7	41,7	42,4	250	200	150	150
	100	41,4	42,6	44,4	250	200	150	150
	125	43,6	48,6	51	250	200	200	200
	150	47,3	52,3	53,8	250	200	200	200
200	50	61,6	51	52,9	300	225	125	200
	75	63,7	57,1	57,9	300	225	150	200
	100	64,4	63,7	66,2	300	225	200	200
	125	66,5	65,8	68,2	300	225	200	200
	200	68,1	67,4	70,9	300	225	200	200
	250	72	82,1	84,1	300	300	250	250
250	75	82,3	74,1	74,7	300	250	150	200
	100	82,9	83	85	300	250	200	200
	125	85	85,1	88,4	300	250	200	250
	150	88,6	86,6	91,4	300	250	200	250
	200	93,2	101,1	105	300	275	250	250
	250	98,5	104	111	300	300	250	250
300	75	100	95	97,7	300	275	150	250
	100	101	117	100	300	275	200	250
	125	109	118	112	300	275	200	250
	150	104	119	114	300	275	200	250
	200	110	127	120	300	300	250	250
	250	114	131	135	300	300	250	250
	300	117	144	158	300	300	300	300
350	100	126	136	137	300	300	200	250
	125	126	137	141	300	300	200	300
	150	139	139	153	300	300	200	300
	200	135	158	162	300	300	250	300
	250	139	161	163	300	305	250	300
	300	135	177	188	350	305	300	300
	350	164	186	194	350	350	300	300

Продовження табл.

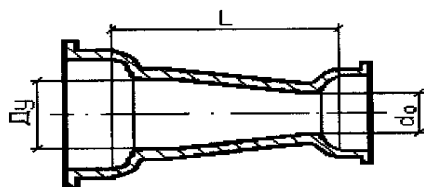
1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	100	153	162	165	300	325	200	300
	125	155	161	166	300	325	200	300
	150	156	181	185	300	325	250	300
	200	162	187	189	300	350	250	300
	250	166	170	195	300	350	250	300
	300	198	200	217	400	350	300	300
	350	207	218	237	400	375	300	300
	400	218	214	266	400	400	300	350
450	100	175	115	117	300	350	200	300
	125	177	117	200	300	350	200	350
	150	178	217	221	300	350	250	350
	200	184	222	226	300	375	250	350
	250	186	226	237	300	375	250	350
	300	232	250	258	400	400	300	350
	350	237	256	267	400	400	300	350
	400	243	299	312	400	400	400	350
500	450	273	311	331	450	450	400	400
	100	206	228	230	300	375	200	350
	125	207	229	232	300	375	200	350
	150	209	253	256	300	375	250	350
	200	213	256	260	300	400	250	350
	250	261	261	265	400	400	250	350
	300	266	238	297	400	425	300	350
	350	272	294	308	400	425	300	400
	400	278	344	360	400	425	400	400
	450	329	351	370	500	450	400	400
600	500	346	363	373	500	500	400	400
	150	281	348	350	300	450	250	400
	200	284	351	354	300	450	250	400
	250	348	384	388	400	450	300	400
	300	353	389	394	400	475	300	400
	350	358	455	470	400	475	400	450
	400	363	461	477	400	475	400	450
	450	430	466	486	500	500	400	450
	500	435	472	494	500	500	400	450
	600	494	530	548	550	550	450	450
700	150	453	464	465	400	500	250	450
	200	450	467	469	400	500	250	450
	250	458	510	514	400	500	300	450
	300	462	513	579	400	525	300	450
	350	465	598	606	400	525	400	500
	400	551	602	619	500	525	400	500
	450	557	608	627	500	550	400	500
	500	591	612	634	500	550	400	500
	600	652	704	737	600	550	500	500
	700	886	778	801	600	600	550	550

Продовження табл.

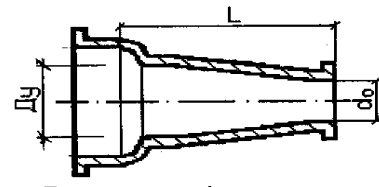
1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	200	613	384	689	400	550	300	500
	250	617	688	696	400	550	300	500
	300	623	695	718	400	575	300	550
	350	744	809	840	500	575	400	550
	400	748	813	849	500	575	400	550
	450	755	820	862	500	600	400	550
	500	761	934	883	600	600	550	550
	600	1009	959	1023	700	625	550	550
	700	1037	1043	1182	700	625	600	550
	800	1163	1223	1304	700	700	600	600
900	200	747	861	863	400	600	300	550
	250	757	870	870	400	625	300	550
	300	758	892	892	400	625	300	600
	350	898	979	979	500	625	400	600
	400	911	1047	1047	500	650	400	600
	450	908	1021	1058	500	650	400	600
	500	910	1158	1202	500	650	500	600
	600	1198	1178	1229	700	675	500	600
	700	1243	1357	1408	700	675	600	600
	800	1291	1405	1470	700	700	600	600
	900	1447	1560	1673	750	750	650	650
1000	250	1102	1260	1258	500	675	400	600
	300	1102	1261	1279	500	675	400	650
	350	1107	1263	1291	500	675	400	650
	400	1120	1278	1299	500	700	400	650
	450	1115	1278	1307	500	700	400	650
	500	1447	1437	1479	700	700	500	650
	600	1460	1660	1503	700	725	500	650
	700	1496	1659	1707	700	750	600	650
	800	1758	1753	1809	700	800	600	700
	900	1783	1941	2056	800	800	700	700
	1000	1841	1999	2145	800	800	700	700

ДОДАТОК 6

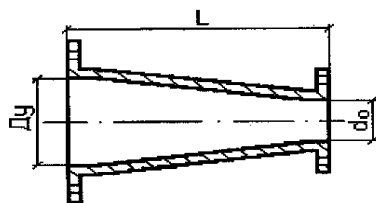
Розміри, маса чавунних переходів (ГОСТ 8599-83)



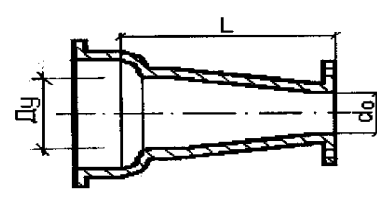
Переход раструбный
(XP)



Переход раструб-гладкий конец
(XPG)



Переход фланцевый
(XF)



Переход раструб-фланец
(XRF)

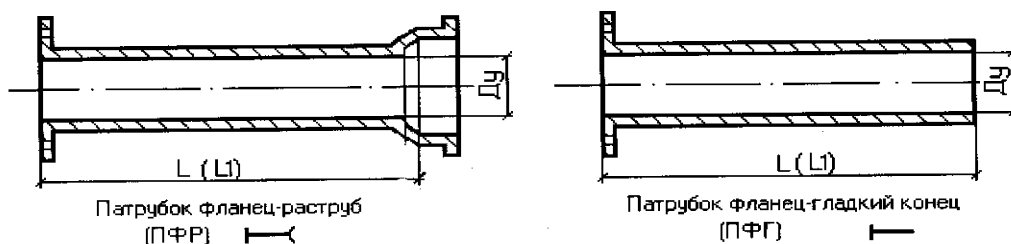
Діаметр умовного проходу, мм		Перехід розтрубний ХР		Перехід розтруб гладкий кінець ХРГ		Перехід фланцевий ХФ		Перехід розтруб - фланець ХРФ	
Відводу Ду	Ствола d ₀	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
75	50	200	12	250	9,86	200	8,11	200	9,66
100	50	250	15,1	300	11,7	250	10,13	250	13,1
	70	200	17,3	250	14,1	200	11,3	200	14,5
125	50	300	17,3	350	16,4	300	12,5	300	15,8
	75	250	20	300	15,7	250	13,7	250	17,2
	100	200	21	250	13,6	200	15,6	200	18,4
150	75	300	24	350	20,7	300	16,6	300	21,6
	100	250	26	300	19,6	250	17,5	250	22,2
	125	200	27	250	18,7	200	18,6	200	23,1
200	75	400	33	450	36,4	400	24,6	400	30,4
	100	350	35	400	34,7	350	25,5	350	31,3
	125	300	36	350	32,6	300	26,5	300	32,3
	150	250	38	300	30,4	250	27,7	250	33,4
250	100	450	46	500	42,1	450	35	450	43,3
	125	400	48,6	450	41,1	400	36,1	400	44,4
	150	350	50,2	400	40	350	37,2	350	45,5
	200	250	55,2	300	38,8	250	38,3	250	46,6
300	125	500	63,6	550	55,1	500	48,3	500	62
	150	450	65	500	54,7	450	49,1	450	62,8
	200	350	69	400	53	350	50,6	350	64,3
	250	250	69,4	300	51,3	250	50,5	250	64,4
350	150	550	83	600	75,5	550	74	550	82
	200	450	89,3	500	73,3	450	73	450	83,8
	250	350	91,8	400	71,5	350	71,5	350	83,6
	300	250	93,7	300	70	250	65,6	250	83,2
400	200	550	109	600	95,9	550	84,9	550	104,5
	250	450	112	500	97,5	450	83,8	450	104
	300	350	115	400	87,2	350	83	350	103,5
	350	250	117	300	82,9	250	82,5	250	103
450	200	700	137	750	118	650	117	650	146
	250	600	142	650	117	550	115	550	144
	300	500	146	550	109	450	114	450	143
	350	400	150	450	104	350	113	350	142
	400	300	159	350	96	250	108	250	137
500	250	700	168	750	143	650	142	650	175
	300	600	178	650	138	550	141	550	174
	350	500	188	550	132	450	140	450	173
	400	400	199	450	125	350	135	350	168
	450	300	210	350	112	250	130	250	163
600	300	800	239	850	210	750	210	750	261
	350	700	246	750	204	650	205	650	259
	400	600	249	650	196	550	198	550	253
	450	500	251	550	182	450	192	450	248
	500	400	289	450	168	350	180	350	239

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
700	350	900	329	950	300	850	301	850	368
	400	800	335	850	292	750	296	750	363
	450	700	349	750	282	650	284	650	361
	500	600	359	650	263	550	279	550	346
	600	400	370	450	225	350	267	350	324
800	400	1000	436	1050	423	950	419	950	506
	450	900	446	950	406	850	410	850	497
	500	800	459	850	382	750	401	750	488
	600	600	471	650	362	550	377	550	464
	700	400	483	450	342	350	344	350	431
900	500	1000	574	1050	535	950	520	950	669
	600	800	597	850	494	750	515	750	644
	700	600	622	650	444	550	489	550	611
	800	400	665	450	381	350	445	350	560
1000	400	400	756	1450	685	950	706	950	869
	700	700	774	850	658	750	676	750	839
	800	800	785	650	570	550	620	550	702
	900	900	796	450	460	350	562	350	700

ДОДАТОК 7

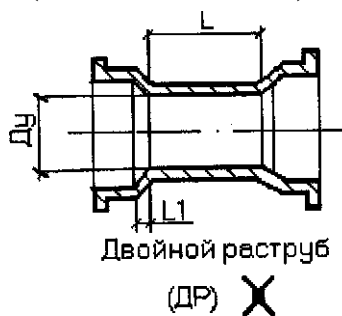
Розмір, маса чавунних патрубків (ГОСТ 18599-83)



Діаметр умовного проходу, Ду мм	ПФР		Маса не більше, кг	Патрубок фланець гладкий кінець (ПФГ)			
	Довжина L, мм	Довжина L, мм		Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг
50	100	75	8,03	300	6,1	1200	16,4
75	100	75	11,8	300	9,8	1200	26,4
100	100	80	14,7	350	13,1	1200	42,4
125	100	80	18,7	350	17,6	1200	57,3
150	100	85	23,3	350	21,3	1200	68,8
200	100	85	32,8	350	33	1200	107
250	150	90	47,5	350	42,3	1200	138
300	150	95	60,4	400	57,8	1200	142
350	150	100	78,4	400	72,8	1200	178
400	150	110	95,4	400	89,2	1200	216
450	150	105	112	450	113	1200	255
500	150	105	132	450	133	1200	299
600	250	115	211	500	197	1200	412
700	250	120	283	500	261	1200	547
800	250	130	379	600	403	1200	724
900	300	135	506	600	493	1200	896
1000	300	145	639	600	616	1200	1115

ДОДАТОК 8

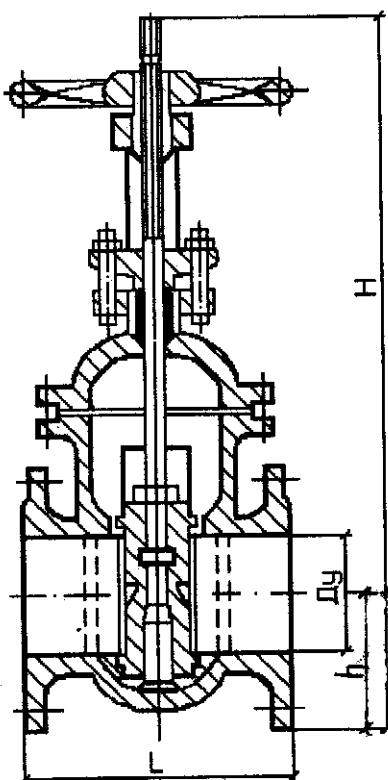
Розміри, маса подвійних розтрубів (ГОСТ 18599-83)



Умовний прохід Ду, мм	Довжина, мм		Маса, кг	Умовний прохід Ду, мм	Довжина, мм		Маса, кг
	L	L1			L	L1	
50	170	20	8,26	400	229	20	82,7
75	170	20	11	450	230	20	101
100	180	20	14,8	500	240	30	123
125	180	20	17,8	600	260	30	167
150	190	20	22,7	700	270	30	227
200	190	20	30,4	800	290	30	298
250	200	20	41,2	900	310	40	393
300	210	20	54	1000	330	40	500
350	220	20	69,4				

ДОДАТОК 9

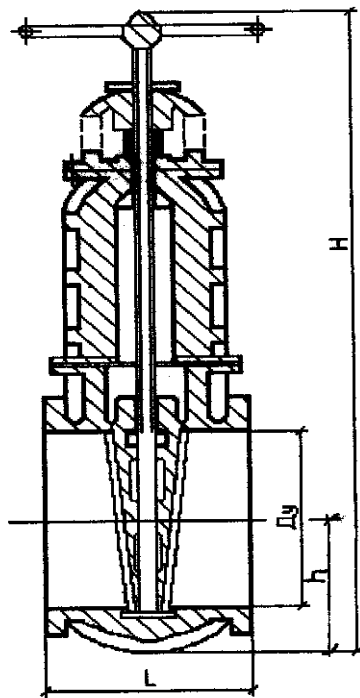
Розміри, маса засувки 30ч9066р (ГОСТ 10194-78) Паралельні з висувним шпинделем на $P_p=10 \text{ кг/см}^2$



Діаметр умовного проходу, Ду, мм	Монтажна довжина L, мм	Монтажна висота, H, мм	Маса, кг
100	230	445	42
125	255	510	58
150	280	575	73
200	330	730	135
250	450	875	190
300	500	1010	278
350	550	1150	370
400	600	1310	525

ДОДАТОК 10

Розміри, маса засувки 30ч925 (ГОСТ 10926-75)
Клинова з нерухомим шпинделем на $P_p=16-64 \text{ кг/см}^2$



Діаметр умовного проходу, Ду, мм	Монтажна довжина L, мм	Монтажна висота, H, мм	Маса, кг
100	350	650	140
125	450	710	254
200	550	800	330
250	650	930	562
300	750	1035	750
500	850	1800	1300
600	950	2055	1770
800	1000	2300	2080
1000	1200	2500	2500

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для проведення практичних занять, лабораторних робіт,
самостійної роботи та виконання курсового проекту
з дисципліни
«ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»
(«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ», Модуль 2)
(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів підготовки
6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)», 6.060101 «Будівництво»
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010108 «Водопостачання та водовідведення»)

Укладачі: **ДУШКІН** Станіслав Станіславович
ШЕВЧЕНКО Тамара Олександрівна

Відповідальний за випуск: *проф. С. С. Душкін*
В авторській редакції

Комп'ютерне верстання: *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 120М

Підп. до друку 06.09.2012
Друк на різнографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 5,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.